

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-235593

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	7/007	9464-5D	G 1 1 B	7/007
	7/00	9464-5D		7/00
	7/24	5 1 1		7/24
	11/10	5 0 6		11/10
		9075-5D		5 1 1
		9075-5D		5 0 6 J
				5 0 6 N
審査請求 未請求 請求項の数43 F D (全 41 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-300649

(22) 出願日 平成7年(1995)10月25日

(31) 優先権主張番号 特願平6-290396

(32) 優先日 平6(1994)10月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平6-332944

(32) 優先日 平6(1994)12月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(72) 発明者 吉弘 昌史

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

(72) 発明者 泰井 俊明

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

(72) 発明者 伊藤 捷

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

(74) 代理人 弁理士 川北 喜十郎 (外1名)

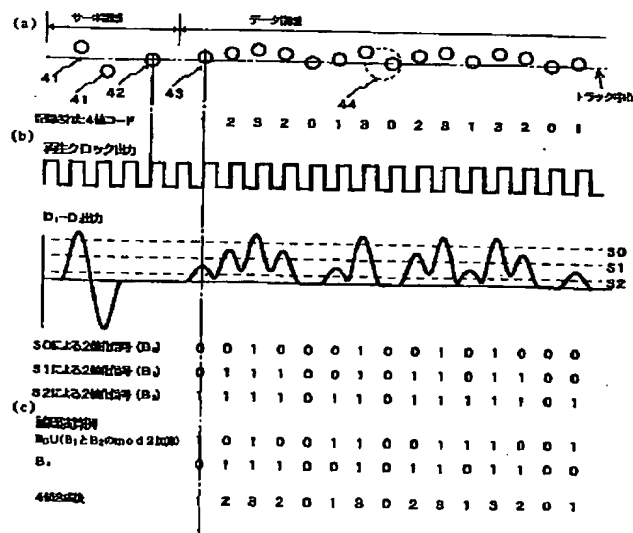
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光記録媒体並びにその記録・再生方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 多値情報が記録可能な新規な記録再生方式の高密度光記録媒体を提供する。

【解決手段】 トラック上にデータビット43を有する光記録媒体であって、データビットがトラック中心からトラックと直交する方向に偏位され、該ビットのトラック中心からの偏位量に基づいて3値以上の多値化情報が記録されている光記録媒体である。トラック上をレーザスポット44で照射し、2分割検出器でトラック中心からトラック内周側と外周側から反射信号をそれぞれ検出して差信号出力を得る。それを3つのスライスレベルS1～S3でスライスして2値化信号を得、それらを論理演算することで多値化情報を再生する。記録信号をパルスレスポンス方式で記録し、ピタビ復号方式を用いて再生できる。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** トラック上にデータマークが記録されるまたは記録された光記録媒体であって、該データマークがトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位して記録され、該データマークのトラック中心からの偏位量に基づいて多値情報が再生される上記光記録媒体。

**【請求項2】** 上記データマークが、トラック中心からトラックの内周側に偏位したマーク、トラックの外周側に偏位したマーク及びトラック中心に位置するマークから構成されることを特徴とする請求項1に記載の光記録媒体。

**【請求項3】** 上記データマークが、トラック中心から内周側及び外周側にそれぞれ2種以上の偏位量を有するデータマークから構成されることを特徴とする請求項1または2に記載の光記録媒体。

**【請求項4】** 上記データマークが、トラック中心からトラックピッチの1/4の幅内に形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項5】** 上記データマークを有するトラックが光スポットで走査されて、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光がそれぞれ検出され、それらの検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方から多値化された情報が再生されることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項6】** 上記データマークが、トラック中心からの偏位量に基づいて3値以上の多値情報を提供することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項の光記録媒体。

**【請求項7】** 上記トラックと直交する方向におけるデータマーク位置に多値情報が記録され且つマークエッジ記録方式によりトラック方向におけるデータマークのエッジ位置にも情報が記録されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項8】** 上記トラックと直交する方向におけるデータマーク位置に多値情報が記録され且つマークポジション方式によりトラック方向におけるデータマークの中心位置にも情報が記録されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項9】** 上記トラックと直交する方向におけるデータマーク位置に多値情報が記録され且つ時間位相多値記録方式によりトラック方向におけるデータマークのエッジ位置にも多値情報が記録されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項10】** 上記データマークに記録される多値情報が、パーシャルレスポンス方式により記録されていることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項11】** 上記データマークに記録される多値情

報が、PR(1, 1)、PR(1, -1)、PR(1, 0, -1)から選択されるいずれかのパーシャルレスポンス方式を用いて記録される3値情報であることを特徴とする請求項10に記載の光記録媒体。

**【請求項12】** 上記データマークに記録される多値情報が、PR(1, 2, 1)、PR(1, 1, -1, -1)、PR(1, 2, 0, -2, -1)、PR(1, 3, 3, 1)から選択されるいずれかのパーシャルレスポンス方式を用いて記録される5値情報であることを特徴とする請求項10に記載の光記録媒体。

**【請求項13】** 上記データマークに記録される多値情報が、トレリス符号化変調方式の遷移を用いて記録される4値以上の多値情報であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項14】** 光記録媒体のデータ記録領域が複数のデータ記録単位に分割され、各データ記録単位の先頭部分に、当該データ記録単位に記録される多値記録信号に含まれる各信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号が、前記多値記録信号に含まれる各信号レベルについて少なくとも1つずつ記録されていることを特徴とする請求項1～13のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項15】** 光記録媒体のデータ記録領域が複数のデータ記録単位に分割され、各データ記録単位の先頭部分に、当該データ記録単位に記録される多値記録信号の前後エッジ位置を検出するための基準タイミング信号を発生するテスト信号が、多値記録信号に含まれる各信号レベルの前後エッジについてそれぞれ少なくとも1つずつ記録されていることを特徴とする請求項1～7及び9～13のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項16】** 上記光記録媒体がセクタ構造を有し、上記データ記録単位がセクタであることを特徴とする請求項14または15に記載の光記録媒体。

**【請求項17】** 上記光記録媒体がトラックと直交する方向にトラック中心から偏位したサーボビットとクロックビットによりトラックングを行うサンプルサーボ方式の光記録媒体であって、サーボビットと後続のサーボビットの間に設けられたデータ記録領域にサーボビットの偏位量以下の大きさでトラック中心から偏位したデータマークを有することを特徴とする請求項1～16のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項18】** 上記光記録媒体が光ディスクであり、上記データマークがデータビットであることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の光記録媒体。

**【請求項19】** 上記光記録媒体が、基板と基板上に形成された垂直磁気記録膜とを含み且つ該記録膜のデータ記録領域に外部磁界を印加しつつ光照射することにより情報が記録される光磁気記録媒体であり、上記データマークが記録磁区であることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の光記録媒体。

【請求項20】 上記光記録媒体が、基板と基板上に形成された相変化型記録膜を含む相変化型記録媒体であり、上記データマークが記録マークであることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の光記録媒体。

【請求項21】 上記相変化型記録膜が、GeSbTe系、InSbTe系、GeTe系、AgInSbTe系、及びSnSbSe系からなる群から選ばれる一種から構成されていることを特徴とする請求項20に記載の光記録媒体。

【請求項22】 トラック上に、多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークを有する光記録媒体を再生する方法であって、

トラックの中心線上をレーザ光スポットで走査し、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそれぞれ検出し、それらの検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方から多値化された情報を得ることを含む光記録媒体の再生方法。

【請求項23】 光記録媒体に多値情報を記録・再生する方法であって、光ビームを、多値データ信号に応じた偏位量でトラック中心からトラックと直交する方向に偏位させて照射することにより、トラックと直交する方向に多値情報を記録し、

トラックの中心線上をレーザ光スポットで走査し、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそれぞれ検出し、それらの検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方から多値情報を再生することを含む上記光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項24】 上記光記録媒体が光ディスクであり、多値データ信号に応じた偏位量で光ディスク製造用の原盤のトラック中心からトラックと直交する方向に光ビームを偏位させて該原盤を照射することにより、トラックと直交する方向に多値情報を記録することを特徴とする請求項23に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項25】 上記光ビームを、多値データ信号に応じた偏位量でトラック中心からトラックと直交する方向に偏位させ且つ別のデータ信号に応じてトラック方向に変調して照射することによって、一のデータマークに2種類のデータ信号を記録することを特徴とする請求項23または24に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項26】 光偏向器及びマルチビーム型レーザのいずれかを用いてトラック中心からトラックと直交する方向の偏位した種々の位置に光ビームを照射することを特徴とする請求項23～25のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録再生・方法。

【請求項27】 上記検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方を2値化し、さらに論理演算することより多値化された情報を得ることを特徴とする請求項23～26のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録・再生方

法。

【請求項28】 マークエッジ記録方式で光記録媒体を記録することを特徴とする請求項23～27のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項29】 パーシャルレスポンス方式を用いて多値データ信号を記録することを特徴とする請求項23～28のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項30】 PR(1, 1)、PR(1, -1)及びPR(1, 0, -1)から選択されるパーシャルレスポンス方式により3値信号を記録することを特徴とする請求項29に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項31】 PR(1, 2, 1)、PR(1, 1, -1, -1)、PR(1, 2, 0, -2, -1)及びPR(1, 3, 3, 1)から選択されるパーシャルレスポンス方式により5値信号を記録することを特徴とする請求項29に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項32】 記録された多値記録信号を再生する際に、最ゆう復号法を用いることを特徴とする請求項23～31のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項33】 光記録媒体のデータ記録領域を複数のデータ記録単位に分割し、当該データ記録単位ごとに多値記録信号の記録再生を行うことを特徴とする請求項23～32のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項34】 上記データ記録単位の先頭部分あるいは一定間隔ごとに、前記多値記録信号に含まれる各多値信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号を前記多値記録信号に含まれる各多値信号について少なくとも1つずつ記録しておき、

前記データ記録単位からの多値記録信号を再生する際に、当該データ記録単位の先頭部分から前記テスト信号を読み出して、前記多値記録信号に含まれる各信号に対応するスライスレベルの設定を行い、

これらの各スライスレベルにて当該データ記録単位からの読出し信号をスライスして、前記多値記録信号を再生することを特徴とする請求項33に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項35】 上記データ記録単位の先頭部分あるいは一定間隔ごとに、前記多値記録信号の前後エッジを検出するための基準タイミング信号を発生するテスト信号を多値記録信号に含まれる各信号レベルの前後のエッジについて少なくとも1つずつ記録しておき、

前記データ記録単位からの多値記録信号を再生する際には、当該データ記録単位の先頭部分から前記テスト信号を読み出して、前記多値記録信号に含まれる各信号のエッジ検出の基準タイミングを発生させ、これらの各基準タイミングにて当該データ記録単位からの読出し信号に含まれる各信号の前及び後エッジを独立に検出した

後、前記エッジ検出の基準タイミングを基準にして各エッジ検出信号を合成して前記多値記録信号を再生することを特徴とする請求項33または34に記載の光記録媒体の記録・再生方法。

【請求項36】 多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークがトラック上に記録される光記録媒体用の記録装置であって、  
光ビーム発生装置と、  
光記録媒体及び光記録媒体形成用原盤の一方を回転する回転装置と、  
光ビームをトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位させて照射するための光偏位手段と、  
記録する多値データに応じて前記光偏位手段を制御して、トラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位されたデータマークを形成させる制御手段とを備える光記録媒体用の記録装置。

【請求項37】 光ビームをトラック方向に変調する変調器をさらに備え、  
上記制御手段が、記録する多値データに応じて前記光偏位手段及び前記変調器を制御して、トラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位され且つトラック方向に変調されたデータマークを形成させることを特徴とする請求項36に記載の光記録媒体の記録装置。

【請求項38】 上記光偏位手段が、光偏向器及びマルチビーム型レーザの一方であることを特徴とする請求項36または37に記載の光記録媒体の記録装置。

【請求項39】 上記光偏向器が、音響光学素子及び電気光学素子の一方を含むことを特徴とする請求項38の光記録媒体の記録装置。

【請求項40】 上記制御手段が、フォーマッタであることを特徴とする請求項36～39のいずれか一項に記載の光記録媒体の記録装置。

【請求項41】 多値データ信号に応じて、トラック上に、トラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークが記録される光記録媒体のための記録・再生装置であって、  
光ビーム発生装置と、  
光記録媒体及び光記録媒体形成用原盤の一方を回転する回転装置と、  
光ビームをトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位させて照射するための光偏位手段と、  
記録する多値データに応じて前記光偏位手段を制御して、トラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位されたデータマークを形成させる制御手段と、  
トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそ

れぞれ独立に検出する光検出器と、

上記光検出器からの検出信号を論理演算することにより記録された多値情報を再生する演算手段とを備える光記録媒体の記録・再生装置。

【請求項42】 上記検出器が、2以上に分割された検出部を有し且つ各検出部がそれぞれトラック中心の内側及び外側領域からの反射光を検出する検出器であることを特徴とする請求項41に記載の光記録媒体の記録・再生装置。

【請求項43】 さらにビタビ復号器を備える請求項41または42に記載の光記録媒体の記録・再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高密度記録容量を有する光記録媒体、その記録・再生方法及び記録・再生装置に関する。さらに詳細には、トラックと直交する方向に種々の偏位量でデータビットや記録マークが記録される光記録媒体及びかかる光記録媒体に多値化データを記録し、再生する方法並びに記録・再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】情報処理技術の発達に伴い、文書や画像情報あるいはコンピュータのデータ保存用メディアとして、一層大きな記録容量を有する光ディスク等の光メモリが要望されている。光ディスクを高密度化する技術として、光ディスクに形成されるプリビットや記録マークを一層小さくすることによって記録容量を増大することが行われてきた。

【0003】最近では、光ディスクに形成されるビットの前端と後端位置をトラック方向に8段階に独立に偏位させることによって一つのビット中に6ビットの情報を記録できる高密度記録方式が発表されている (Optical Data Storage 予稿集WC3 -1、130-131 頁 (1994年))。この方式はSCIPER (Scanning Carrier Independent Pit Edge Recording) と呼ばれ、トラック上に0.04  $\mu\text{m}$  単位で長さの異なるプリビットが1.67  $\mu\text{m}$  のピッチで形成されており、各ビットの前端及び後端をクロック信号でサンプリングすることにより再生信号がマルチレベルで得られる。この方式を用いることにより従来のコンパクトディスクの2倍の線記録密度を達成できることが報告されている。

【0004】ところで、光ディスクをトラッキングするための一方式としてサンプルサーボ方式が使用されている。この方式を用いる光ディスクは、トラックに対して左右に偏位したプリビット (サーボビット) を有する。しかしながら、これらサーボビットは、光スポットをトラッキングするために用いられているにすぎず、情報信号として用いられていない。さらに、これらのサーボビット対はトラック中に一定の周期で且つトラックと直交する方向に一定の偏位量で配置されているにすぎない。

【0005】特開平2-263326号には、光メモリ

原盤のサーボパターンの記録の際にクロックビットをトラック中心からオフセットして形成させることが開示されている。しかしながら、これはクロック信号の検出感度を向上させることを目的としており、情報の記録用にビットをオフセットさせることは記載されていない。

【0006】特開平5-62200号は、2つのビット列によってトラックが形成され、各々の列のビットがトラックに垂直な方向において非重複状態で配置された光ディスクを開示している。特開昭59-207433号及び特開平1-319139号は同様に2つのビット列によってトラックを形成し、トラックに垂直な方向において2つのビットが対称に配置された光ディスクを開示している。しかしながら、これらの光ディスクでは各ビット列のビットの有無によりデータが記録されているにすぎない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、一つのデータビットや記録マークに3値以上の多値情報を与えることができる新規な光記録媒体を提供することを目的とする。また、本発明は、一つのデータビットや記録マークに3値以上の多値情報を与えることによって高密度記録ができる、光記録媒体の新規な記録・再生方法を提供することを目的とする。さらに、本発明の目的は、本発明の新規な光記録媒体にデータを記録及び再生するための記録・再生装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討及び研究した結果、データビットや記録マークを、記録信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の大きさで偏位させて形成することによって、ビットや記録マークに多値情報を付与できる新規な記録方式の光記録媒体を開発することに成功した。再生時には、ビットや記録マークはその偏位量に応じて異なる強度の反射光信号を発生することに基づいて多値信号を再生することができる。

【0009】すなわち、本発明の第1の態様に従えば、トラック上にデータマークが記録されるまたは記録された光記録媒体であって、該データマークがトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位して記録され、該データマークのトラック中心からの偏位量に基づいて多値情報が再生される上記光記録媒体が提供される。

【0010】本明細書において、「データマーク」とは、光記録媒体のデータ記録領域上にデータ入力のために記録されたマークを意味し、光ディスク上に形成されたデータビットや、相変化型記録媒体の記録マーク、光磁気記録媒体の記録磁区等の記録の際に記録領域上で物理的または化学的変化を受けた領域を含む概念である。また、「トラック中心」とは、トラック幅を2等分するトラック内の地点を示し、「トラックと直交する方向」

とはトラックの幅方向を意味し、光ディスクの場合、光ディスクの半径方向と一致する。また、「トラックの内周側」及び「トラックの外周側」とは、ディスク等のトラックをトラック中心により2つの領域に分けたときに、それぞれ、ディスク中心に近い領域及びディスク中心から遠い領域を示す。

【0011】本発明に従う光記録媒体において、上記データビットは、トラック中心からトラックの内周側に偏位したデータマークとトラックの外周側に偏位したデータマークの少なくとも一方から構成することができる。また、上記データマークを、トラック中心からトラックの内周側に偏位したデータマーク、トラックの外周側に偏位したデータマーク及びトラック中心に位置するデータマークから構成することもできる。これにより、多値記録のためにトラックを一層有効に使用できる。さらに、トラック中心から内周側及び外周側にそれぞれ2種以上の偏位量を有するデータマークを含めて、一層高密度な記録媒体を提供できる。本発明の一実施例に従えば、一のトラック内にトラック中心から内周側及び外周側にそれぞれ4つの異なる偏位量を有する4種のデータマークを存在させ得る。

【0012】本発明の光記録媒体は、マークポジション記録方式及びマークエッジ（マーク長）記録方式のいずれでも記録することができる。いずれの場合も上記トラックと直交する方向におけるデータマーク位置にデータ信号1（多値情報）が記録され、マークポジション記録方式ではトラック方向におけるデータマークの中心位置に、マークエッジ記録方式ではトラック方向におけるデータマークのエッジ位置に、データ信号2が、それぞれ記録される。従って、本発明の光記録媒体は通常のマークポジション記録方式及びマークエッジ記録方式で記録された光記録媒体に比べて一層記録密度を高くすることができる。また、時間位相多値記録方式を用いて、上記データビットのエッジ位置をトラック方向に多段階に変調することによりデータ信号1のみならずデータ信号2も多値記録することができる。

【0013】本発明の光記録媒体を、クロックビットとトラックと直交する方向に偏位したサーボビットでトラックングを行うサンプルサーボ方式の光記録媒体であって、サーボビットと後続のサーボビットの間に設けられたデータ記録領域にサーボビットの偏位量以下の大きさでトラック中心から偏位したデータマークを有するような光記録媒体として用いるのが好ましい。これにより、サーボビットとデータビットを形成する記録装置の光学系を共通化できるので記録装置を簡素化することができる。また、再生時においてもセルフクロッキングの性能が向上するので、データの変調方式としてパーシャルレスポンス方式やトレリス符号化変調方式を用いることにより、一層記録密度を向上させることができる。

【0014】本発明の光記録媒体は、再生専用の光ディ

スクのみならず、基板上に記録膜を有する追記または書換え型の光記録媒体、例えば、相変化型記録媒体や光磁気記録媒体として使用することができる。記録膜としては、光変調でダイレクトオーバーライトが可能となるという理由から相変化型記録材料が好適であり、特に高速のオーバーライトが可能となるという理由から相変化型記録材料として結晶化速度が速い $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 系、 $\text{InSeX}$ 系(Xは例えばCo)、 $\text{GeTe}$ 系(例えば、 $\text{GeTe-SbSe}$ 系、 $\text{GeTe-Sb}_2\text{Se}_3$ 、 $(\text{GeTe})_{1-x}(\text{Sb}_2\text{Se}_3)_x$  ( $X \leq 0.2$ ))、 $\text{AgInSbTe}$ 系(例えば、 $\text{AgInSb}_2\text{Te}_5$ )が好ましい。一方、マークエッジ方式により相変化記録媒体を記録する場合では、上記記録材料も使用できるが、エッジ変動が小さい $\text{SnSbSe}$ 系(例えば、 $\text{SnSbSe}_5$ )が高密度化に有効である。

【0015】本発明の第2の態様に従えば、トラック上に、多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークを有する光記録媒体を再生する方法であって、トラックの中心線上をレーザ光スポットで走査し、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそれぞれ検出し、それらの検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方から多値化された情報を得ることを含む光記録媒体の再生方法が提供される。この方法により、本発明に従う光ディスク等の再生専用光記録媒体から多値情報を再生することができる。

【0016】本発明の第3の態様に従えば、トラック上に、多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークを有する光記録媒体の記録・再生方法であって、光ビームを、多値データ信号に応じた偏位量でトラック中心からトラックと直交する方向に偏位させて照射することにより、トラックと直交する方向に多値情報を記録し、トラックの中心線上をレーザ光スポットで走査し、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそれぞれ検出し、それらの検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方から多値情報を再生することを含む上記光記録媒体の記録・再生方法が提供される。

【0017】本発明の方法において多値信号を記録する際に、上記光ビームを、多値データ信号に応じた偏位量でトラック中心からトラックと直交する方向に偏位させ且つ別のデータ信号に応じてトラック方向に変調して照射することによって、一のデータマークに2種類のデータ信号を記録することができる。例えば、偏位データをアドレス信号等の補助データとし、変調データを記録用データとして使用することができる。また、多値データ信号は、パシカルレスポンス方式を用いて記録することが好ましく、例えば、3値信号記録にはPR(1, 1)、PR(1, -1)またはPR(1, 0, -1)、5値信号記録にはPR(1, 2, 1)、PR(1, 1,

-1, -1)、PR(1, 2, 0, -2, -1)またはPR(1, 3, 3, 1)方式を用いることができる。あるいは、本発明の実施例3-4に示したような特定の遷移規則(トレリス符号化変調方式の遷移規則)の下で入力データを変換して記録することができる。これらの方式で記録することにより、データ再生の際に誤り訂正機能を有するビタビ復号等の最優秀復号法を用いることができ、高密度記録を可能にする。

【0018】さらに、多値信号を記録する際に、光記録媒体のデータ記録領域を複数のデータ記録単位に分割し、記録単位の先頭部分に、多値記録信号に含まれる各多値信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号を記録しておくのが好ましい。これにより異なる記録媒体間または同じ記録媒体の内部で同一偏位量のデータマークからの再生信号振幅が変動しても、多値レベルの検出エラーを防止することができる。また、マークエッジ方式で記録する場合には、記録単位の先頭部分に、前記多値記録信号の前後エッジを検出するための基準タイミング信号を発生するテスト信号を記録しておくのが好ましい。これにより、スライスレベルの変動によるマークエッジ位置の検出誤差を低下することができる。

【0019】本発明の方法において多値情報を再生する際に、検出信号の和信号及び差信号の少なくとも一方を2値化し、それらの2値信号を論理演算することで多値信号を再生することができる。

【0020】本発明の第4の態様に従えば、多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークがトラック上に記録される光記録媒体用の記録装置であって、光ビーム発生装置と、光記録媒体及び光記録媒体形成用原盤の一方を回転する回転装置と、光ビームをトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位させて照射するための光偏位手段と、記録する多値データに応じて前記光偏位手段を制御して、トラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位されたデータマークを形成させる制御手段とを備える光記録媒体用の記録装置が提供される。さらに、光ビームをトラック方向に変調する変調器を備え、制御手段が、記録する多値データに応じて前記光偏位手段及び前記変調器を制御してトラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位され且つトラック方向に変調されたデータマークを形成させることが好ましい。光偏位手段として、光偏位器及びマルチビーム型レーザを使用できる。

【0021】本発明の第5の態様に従えば、多値データ信号に応じてトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位されたデータマークがトラック上に記録される光記録媒体用の記録・再生装置であって、光ビーム発生装置と、光記録媒体及び光記録媒体形成用原盤の一方を回転する回転装置と、光ビームをトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位

させて照射するための光偏位手段と、記録する多値データに応じて前記光偏位手段を制御して、トラック中心からトラックと直交する方向に所定の偏位量で偏位されたデータマークを形成させる制御手段と、トラックの中心線の内側及び外側領域からの反射光をそれぞれ独立して検出する光検出器と、上記光検出器からの検出信号を論理演算することにより記録された多値情報を再生する演算手段とを備える光記録媒体の記録・再生装置が提供される。上記検出器は、2以上に分割された検出部を有し、各検出部がそれぞれトラック中心の内側及び外側領域からの反射光を検出する検出器であることが好ましく、ボール型検出器のような3分割検出器を用い得る。さらに、再生系において、ピタビ復号器を備えることができる。

【0022】以下に本発明の基本的な原理を簡単に説明する。本発明によれば、データビットまたは記録マークをトラック中心からトラックと直交する方向に種々の偏位量で偏位させて形成し、多値情報にかかる偏位量に基づいて記録及び再生する。再生時には、トラック中心を光ビームで走査して、プリビットからの反射光強度を測定する。反射光強度はプリビットの偏位量に応じて異なるため、反射光強度により記録された多値データを読み取ることができる。図6に本発明に従う光記録媒体のトラック上のビット配置及びビット位置（偏位量）に応じて検出される信号強度分布の一例を示す。トラックピッチをPとすると、図6中の斜線のマーク5bはトラック

$$I_{CA}(x) = A_0^2 + 2 \cdot S \cdot A_1^2 + 4 \cdot S \cdot A_0 \cdot A_1 \cos \Phi_{01} \cdot \cos(2\pi x/P) \quad \dots (1)$$

$$I_{pp}(x) = 4 \cdot S \cdot A_0 \cdot A_1 \cdot \sin \Phi_{01} \cdot \sin(2\pi x/P) \quad \dots (2)$$

【0024】式中、 $A_0$  及び  $A_1$  はそれぞれ0次回折光及び1次回折光の振幅の絶対値、 $\Phi_{01}$ は0次回折光と1次回折光の位相差、 $x$ はトラック中心からの偏位したデータビットの中心位置、 $S$ は検出部上で0次回折光及び1次回折光が重なり合う面積を示す。但し、この式では検出光（反射光）として0次及び1次回折光しか考慮していない。

【0025】本発明では、図6に示したように、和信号主力にスライスレベルS0、差信号出力にスライスレベルS1及びS2を設定して、それらのレベルを超える検出信号に対して、多値データ"0"，"1"，"2"を割り当てることによってビットのオフセット量に基づく3値の多値情報を再生することができる。この場合、和信号と差信号を2値化して演算することにより4値を得ることもできる。トラックと直交する方向にトラック中心120から種々の偏位量でビットを形成させて、反射信号にスライスレベルを設定することにより一層多くのビットデータを得ることができる。

【0026】

【実施例】以下に本発明の実施例を図面を参照して説明

中心120から $-P/4$ だけトラックと直交する方向に偏位されたデータビットを、斜線マーク5aはトラック中心120上に位置するデータビットを、斜線マーク5cはトラック中心120から $P/4$ だけトラックと直交する方向に偏位されたデータビットを示す。再生光としての光スポット44でトラック中心線120に沿ってトラックを走査し、トラック中心120から内側（図中、右側）及び外側（図中、左側）からの反射光をそれぞれ独立に検出する2つの検出部を備えた検出器で検出する。ここで、データビット5a、5b及び5cからの再生光を検出して各検出部の和信号出力及び差信号出力を求めることによって、それらのデータビットを識別することができる。図6の下方に、データビットのトラック中心からの偏位量に応じて変化する和信号出力及び差信号出力を示す。図中、トラック中心からの偏位量が $P/4$ の場合（マーク5c）、差信号出力が最大となり、トラック中心からの偏位量が $-P/4$ の場合（マーク5b）、差信号出力が最小となる。検出器から得られた和信号強度  $I(\text{Cross-track signal})(x)$ （以下、 $I_{CA}(x)$ と表す）及び差信号強度  $I(\text{Push-pull signal})(x)$ （以下、 $I_{pp}(x)$ と表す）は、理論的には、J.Pasmanによる"Developments in Optical Desk Mastering", SPIE-529, 62, (1984年)等を参照して、下記式のように表される。

【0023】

【数1】

するが、本発明は特にそれらに限定されるものではない。

【0027】実施例1-1

本実施例では、トラック中心からトラックの内周側及び外周側にそれぞれ同一量だけ偏位したデータビットを有するサンプルサーボ方式の光ディスクを作製する。最初に、図1に示した装置を用いて、光ディスク基板製造用の原盤にデータ信号及びプリフォーマット信号を記録する。この装置は、信号記録用のレーザ光源11、光変調器12（または14）、光偏向器13（または15）、変調及び偏向された光を原盤18に集光するための集光レンズ19、フォーカスサーボ系113、並びにビームスプリッター17及び反射鏡16等の光学系から主に構成されている。光源から出射したレーザ光は、反射鏡16を介して変調器12（または14）に入射し、そこで記録信号、例えば、サーボ信号、クロック信号、データ信号に応じてパルス状に変調される。変調されたレーザ光は、偏向器13（または15）に入射し、そこで上記データ信号に同期した偏向信号に応じて所定方向に偏向された後、集光レンズ19を通じて原盤18に照射され



る。原盤18には、レーザ光により感光するフォトレジストが塗布されている。偏向器13（または15）は、原盤18上においてその半径方向の光の照射位置、すなわち原盤のトラック（製造される光ディスクのトラックに相当）の中心からの偏位量を決定する。レーザ光源11として、350nm～488nmの波長範囲において特定波長のレーザ光を発生するレーザ装置11（例えば、Krレーザ、ArレーザあるいはHeCdレーザ）を用いることができる。光変調器として、音響光学（AO）変調器12または電気光学（EO）変調器14を用いることができ、光偏向器として、音響光学（AO）偏向器13または電気光学（EO）偏向器15を用いることができる。本実施例では、音響光学（AO）変調器12と音響光学（AO）偏向器13を直列に配置させ、電気光学（EO）変調器14と電気光学（EO）偏向器15を直列に配置させる。そして、ビームスプリッター117によりいずれかまたは両方の変調器への光路が選択される。

【0028】AO偏向器13の構成の一例を図2に示す。AO素子21は、AO偏向周波数切替え回路22を介してフォーマッタ25及びAO偏向器ドライバ23a～cに接続されている。AO偏向器ドライバ23a～cは、それぞれ、異なる周波数を発生する周波数シンセサイザ24a～cと接続され、それらの周波数信号が入力される。この実施例では、それぞれ、周波数 $f_0 = 80.0\text{MHz}$ 、 $f_1 = 76.7\text{MHz}$ 及び $f_2 = 83.3\text{MHz}$ を発生する。記録信号は、フォーマッタ25中で、全てのパルスデータについて基準パルス長を $T$ として $0.5T \sim 0.9T$ のパルス長に補正された後、切替え回路22に出力される。切替え回路22では、フォーマッタからのデータ信号と同期して、データに対応した周波数が選択され、その周波数の超音波が超音波トランスデューサ26にて発生する。そして、AO素子から出射する光の偏向角 $\theta$ は、選択された超音波の周波数 $f$ により下記式に従って変化することになる。

$$\text{【数2】 } \theta = \lambda \cdot f / v$$

（ $\lambda$ ：波長、 $f$ ：超音波の振動周波数、 $v$ ：偏向素子内での音速）

ここで、任意の偏向用周波数 $f_i$ と中心周波数 $f_0$ との周波数差 $\Delta f$ （ $\Delta f = f_i - f_0$ ）に対する偏向角の変化 $\Delta\theta$ は、 $\Delta\theta = \theta_i - \theta_0 = \Delta f \cdot \lambda / v$ で与えられ、原盤（及びそれから製造された光ディスク）のトラック中心からの偏位量 $\Delta d$ は $\Delta f$ にほぼ比例する。

【0029】図4（a）に、AO偏向器への入力周波数 $f$ と光スポット（後の工程で形成されるデータビット）の偏位量 $\Delta d$ との関係を概略的に示す。 $f_0 = 80.0\text{MHz}$ （中心周波数）の場合にトラック中心に光スポットが形成され、周波数の変動分に比例して偏位量に変化する。図2に示したAO偏向器を用いた図1の装置の場合、データビット偏位量 $\Delta d$ （ $\mu\text{m}$ ） $= 0.09 \cdot \Delta f$

（MHz）であった。

【0030】次に、EO偏向器15の構成の一例を図3に示す。フォーマッタ25からの記録信号に同期して、EO偏向器ドライバ32からEO素子31に電圧 $V_E$ が印加される。印加する電圧 $V_E$ を制御することにより、レーザスポットのトラック中心からの偏位量を所定の値に変化できる。EO素子31への入射光に対する出射光の偏向角 $\theta$ は下記式に従い、EO素子31に印加する電圧 $V_E$ に比例して変化し、EO素子内の電場方向（ $x$ 方向）に生じる屈折率勾配（ $dn/dx$ ）が高くなる方に光ビームは偏向する。EO素子31内部でのEO素子長さ方向（ $z$ 方向）での偏向角勾配（ $d\theta/dz$ ）は下記式により与えられる。

$$\text{【0031】}$$

$$\text{【数3】 } d\theta/dz = (1/n_0) (dn/dx)$$

また、出射光の偏向角 $\theta$ は下記式により求められる。

$$\text{【数4】 } \theta = K \cdot (L/a^2) V_E$$

（ $K$ ：EO素子結晶固有の定数、 $L$ ：EO素子（結晶）長、 $a$ ：EO素子のアパーチャ直径、 $V_E$ ：EO素子への印加電圧、 $x$ ：EO素子内の電場方向の位置、 $z$ ：EO素子長さ方向の位置）

【0032】図4（b）にEO偏向器への印加電圧 $V_E$ と光スポット（後の工程で形成されるビット）の偏位量 $\Delta d$ との関係を示した。印加電圧が0Vのとき、トラック中心上に光スポットが形成され、電圧 $V_E$ に比例して偏位量 $\Delta d$ は変化する。ここで使用したEO偏向器を用いた装置の場合、偏位量 $\Delta d$ （ $\mu\text{m}$ ） $= 5 \cdot V_E$ （kV）であった。

【0033】上記のようにしてAO偏向器13またはEO偏向器15のいずれかを用いて、原盤18を光スポットで露光した後、原盤18を現像して、凹凸表面を有する原盤18を得た。この原盤18に導電膜を付けた後、Niめっきを行ってNiスタンプを作製した。このNiスタンプを加工して射出成形用の金型に取付け、金型のキャビティ内に溶融したポリカーボネート（PC）樹脂を射出し、冷却して硬化させることにより光ディスク基板を複製した。樹脂としてポリカーボネート（PC）の代わりに、アモルファスポリオレフィン（APO）またはポリメチルメタクリレート（PMMA）を用い得る。得られた基板の信号面に、反射膜として、Al、Au等の金属膜やこれらの合金膜を蒸着法やスパッタ法により被覆し、反射膜上に紫外線硬化樹脂の保護膜を形成することにより光ディスクを作製した。

【0034】この光ディスクを図5（a）に示した再生系を用いて再生した。図示しない光ディスク駆動装置により光ディスク164を回転させ、半導体レーザ61からの再生レーザ光を、偏光プリズム62を介して、絞り込みレンズ63によりディスク164上に光スポットとして収束させた。後述するようなサーボ方式により光スポットを光ディスク164のトラック中心に沿って追従さ



せた。光ディスク164からの反射光は光検出器64で検出した。光検出器64は、図5(b)に示したように、検出面積の等しい2つの検出部180、181からなる2分割検出器であり、トラックからの反射光のうち一次回折光が各々の検出器180、181に等しい面積で分かかれて入射するようにトラック中心に対して配置した。この光検出器64は、各々の検出器180、181からの出力信号 $D_1$ 、 $D_2$ のみならず、それらの和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )を発生することができる。

【0035】図6に、再生用光スポット44が照射されている光ディスク164のトラック部分の拡大図並びに再生光から得られる和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )を示す。図中のビット5a、5b及び5cは前記AO偏向器で使用した3つの周波数 $f_0$ 、 $f_1$ 、 $f_2$ に対応して形成されたビットである。ビット5b及び5cのトラック中心120からの偏位量は $0.3\mu\text{m}$ であり、トラックピッチは $1.2\mu\text{m}$ である。再生光学系がレーザ波長 $780\text{nm}$ 、レンズ開口数(NA) $0.55$ であれば、トラックピッチ $1.2\mu\text{m}$ でも十分にトラック間のクロストークを小さくできる。ビット間のクロストークによる再生信号振幅低下に対して信号検出マージンを十分に確保するためにはビット長 $0.6\mu\text{m}$ 以下、ビットピッチ $1.2\mu\text{m}$ 以上が望ましいが、短波長の再生レーザ光を用いる等の手法により再生時の検出窓幅に対するジッタマージンが確保できる範囲までビット密度を詰められる。

【0036】図6中、和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )をビットトラック中心120からの偏位量で示した。差信号出力( $D_1 - D_2$ )は、偏位量及び偏位方向(ディスク半径方向内側又は外側)により異なる。従って、差信号出力( $D_1 - D_2$ )を検出することでビットの偏位量を測定することができ、また、和信号出力( $D_1 + D_2$ )からビットの有無を検出することができる。

【0037】得られた光ディスクの偏位したビットから多値情報を再生する方法を図7により説明する。図7(a)は、光ディスクのトラック上でトラック中心から偏位したビット列パターンを示し、データ領域のビット43はデータビット、サーボ領域のビット41及びビット42はそれぞれサーボビット及びクロックビットを表す。データ領域のビット列の下方には各データビット43に対応する4値コードを示す。破線で示したサークル44は再生光のスポットを示す。

【0038】2分割光検出器64からの出力の和信号( $D_1 + D_2$ )出力と差信号( $D_1 - D_2$ )出力は、それぞれ、図7(a)のビット列に対して、図7(b)及び(c)に示したような信号波形となる。図7(b)の信号波形の上方には再生クロック出力を同時に示した。(  $D_1 + D_2$  ) 出力に対して、ビットの有無を検出するため

にスライスレベル $S_0$ を設定し、スライスレベル $S_0$ により2値化信号 $B_0$ を得た。図7の(b)の信号波形の下方に2値化信号 $B_0$ を示した。差信号出力( $D_1 - D_2$ )出力に対して、データビット43がトラック中心120から外側あるいは内側のいずれに偏位しているかを検出するためのスライスレベル $S_1$ 及び $S_2$ を設定し、スライスレベル $S_1$ により2値化信号 $B_1$ を、スライスレベル $S_2$ により2値化信号 $B_2$ をそれぞれ得た。2値化信号 $B_0$ 、 $B_1$ 及び $B_2$ を用いて下記のような論理演算することにより2値符号を得、2ビットの4値信号の下位ビットとした。

【0039】

【数5】

$$(B_0 \cap (\overline{B_1 \cup B_2})) \cup B_1$$

【0040】次いで、下記のような演算から得られた2値符号を上位ビットとした。

【0041】

【数6】

$$B_1 \cup B_2$$

【0042】それらの上位ビット及び下位ビットから4値信号を生成し、記録された4値信号を再生することができた。論理演算の結果を図7(d)に示した。

【0043】この再生プロセスにおいて、トラック中心120から互いに逆方向に偏位した2個のサーボビット41の和信号出力を各々ピークホールドし、その差がゼロになるようにトラッキングを行い、次のサーボビット41までホールドした。また、データの復調においてはクロックビット42を用いて再生クロックにPLL(Phase Locked Loop)をかけて、回転ジッタやディスク偏心の影響を補償した。

【0044】図7(a)に示したデータ領域のビット列から4値信号を再生する際の信号処理の変形例を図8に示す。図8(a)及び図8(b)は図7(a)のビット列及び図7(b)の( $D_1 - D_2$ )出力と同様である。この変形例では、図8(c)及び(d)にそれぞれ示したように、差信号出力の代わりに $D_1$ 、 $D_2$ の各出力を直接使い、それぞれスライスレベル $S_1$ 及び $S_2$ でスライスして2値化信号 $B_1$ 及び $B_2$ を得る。次いで、同図(e)に示したように $B_1$ を下位ビットとし、 $B_1$ と $B_2$ の排他的論理和(mod 2加算)を演算することによって上位ビットを得、それらより記録された4値信号を再生した。

【0045】本実施例における光信号の流れの概略と、フォーマット25内での信号処理の概略を図9に示す。本実施例においては、アナログの画像データ及び音声データをAD変換してエンコーダによりデータ変換した後、多重化した。その後、エラー訂正符号を付加して、多値符号化した。この信号にサーボビット信号、クロックビット信号、アドレス信号等を合成してAO変調器12及びAO偏向器13の駆動用の信号を生成した。以上

の操作をフォーマット25内で行った。

【0046】本実施例においては、光ビームの変調と偏向にそれぞれAO変調器12とAO偏向器13を用いたが、AO偏向器13の偏向信号強度を変化させることにより変調器として同時に動作させることもできる。ただし、この場合は変調信号と偏向信号を同期させることが容易だが、AO素子の変調効率が低下することになる。また、AO偏向器13に印加する周波数を切り替えるために3台の周波数シンセサイザを用いたが、それに代えてVCO(Voltage Controlled Oscillator)を用いて周波数変換することによりAO偏向器13に印加する周波数を選択することもできる。この場合、VCOには多値信号に対応するアナログ信号が入力される。

#### 【0047】実施例1-2

本実施例では信号の記録再生方式にパーシャルレスポンス方式(PRML(Partial Response Maximum Likelihood))を用いた以外は、実施例1-1と同様にしてサンプリング方式の光ディスクを作製した。図10(a)に示した回路を有する符号器を用いて、PR(1,1)方式で入力2値データを3値化した。入力2値データの変調操作を図10(b)に示す。最初に、プリコーダー201を用いて2値入力データ信号に1ビット(1T)符号間干渉を与えるNRZI(Non Return to Zero Inverted)変換を行う。次いでPR(1,1)相当信号発生器205内でこのNRZI変換された信号をシフトレジスタTを用いて1ビット(1T)遅延させた信号を生成する。そして、NRZI変換された信号と遅延した信号を加算器203で足し合わせ、3値信号を生成した。その3値データに基づいて図1のAO偏向器を駆動し、実施例1-1と同じ方法によりトラック中心からトラックの内周側及び外周側にそれぞれ同一量だけ偏位させたデータビットを有する光ディスクを作製した。得られた光ディスクを図5に示した再生系を用いて再生した。再生方法を図11に示す。

【0048】図11(a)は、図10(b)の信号変調操作を符号で表した図であり、図11(b)に作製したディスク上のビット列を示す。2分割検出器64により検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )をそれぞれ図11(c)及び(d)に示す。また、得られた差信号出力( $D_1 - D_2$ )から入力データを復号及び再生するためのブロック図を図12に示す。差動アンプで得られた差信号出力( $D_1 - D_2$ )を、アナログ波形等化器を通すことにより光学的な符号間干渉を除去してPR特性を得、アナログ信号をA/D変換した。その後、デジタルトランスバースフィルタで内外周特性差を吸収して3値を判定した後、ピタビ復号器に供給して2値化した。再生クロックは、A/D変換後の信号により生成した。本実施例では、PR(1,1)のパーシャルレスポンス方式を用いたが、PR(1,-1)またはPR(1,0,-1)のパーシャルレスポンス方式を

用いても良い。

#### 【0049】実施例2-1

本実施例では、トラックと直交する方向であって且つトラック中心より内周側に異なる大きさで偏位されたデータビットを有する光ディスクを作製する。実施例1と同様に、図1に示した原盤記録装置を用いて原盤18に記録を行った。パルス信号(記録データ)は実施例1と同様に基準パルス長Tに対して0.5T~0.9Tにパルス長補正してフォーマット25から出力した。このデータ信号に同期して中心周波数 $f_0$ を含む4つの周波数 $f_0 = 80.0\text{MHz}$ ,  $f_1 = 76.7\text{MHz}$ ,  $f_2 = 78.6\text{MHz}$ ,  $f_3 = 83.3\text{MHz}$ を周波数シンセサイザ24から発生させ、偏向信号ドライバー23を介してAO素子21に入力した。ここで、 $f_0$ 及び $f_1$ はデータビット形成用のみならず、それぞれクロックビット形成用及びサーボビット形成用にも使用した。 $f_3$ をサーボビット形成専用で用いた。これら4つの周波数各周波数の偏向信号は切替スイッチ22によりデータ信号と同期してデータ信号の大きさに対応した周波数が選択される。こうして偏向光ビームで原盤を露光することにより、 $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ に対応した露光マークと $f_1$ ,  $f_3$ に対応したサーボビット形成用露光マークがトラック中心から所定の偏位量にて形成される。この場合、最大の偏位量は、実施例1と同様に、サーボビット用の偏位量である $0.3\mu\text{m}$ とし、トラックピッチは $1.2\mu\text{m}$ とした。

【0050】上記のように露光されたフォトレジスト表面を現像して、凹凸表面を有する原盤を得た。この原盤を、実施例1と同様にして、スタンパを作製し、スタンパを備えた金型中で射出成型して光ディスクを作製した。

【0051】得られた光ディスクを、図5に示した再生系の2分割検出器64を用いて再生信号を検出した。図13に光ディスクのデータ領域のトラック部分の拡大図及び2分割検出器64からの和信号出力及び差信号出力を示す。図13中、ビット7a, 7b及び7cの偏位量はそれぞれAO偏向器に入力された周波数 $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ に対応する。サークル44は再生光スポットを示す。図13下方にトラック中心120からの偏位量に対する和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )を示す。本実施例においては、2分割光検出器出力の和信号出力( $D_1 + D_2$ )のみにスライスレベルS0~S2を設定して信号再生を行った。図14に再生方法の概略を示した。

【0052】図14(a)は光ディスクのトラック上のビット列パターンと4値記録コードを示し、図14(b)にはそれらのビット列に対応する和信号出力( $D_1 + D_2$ )の信号波形を示す。トラック中心からのビット43の偏位量が大きくなるにつれて信号振幅は減少する。前記式(1)において、ビットの深さが $\lambda/4n$

s ( $\lambda$ : 光源波長、 $n_s$ : 基板屈折率)の時に、反射回折光に $\pi$ の位相差を生じて $\cos \Phi_{01}$ が最大となるため、トラック中心からのデータビット43の偏位に対する信号振幅変化を最大にすることができる。ビット偏位量を信号振幅の大きさに基づいて分離するために、スライスレベルS0、S1、S2を各振幅の中心に設定し、各々のスライスレベルから2値化信号 $B_0$ 、 $B_1$ 及び $B_2$ を得た。次いで、図14(c)に示したように、 $B_1$ と $B_2$ のmod 2加算を行った後、 $B_0$ との和を取ることにによって下位ビットを得、 $B_1$ を上位ビットとして、4値信号を生成した。

【0053】さらに、各多値信号レベル間のS/Nが確保されれば、 $f_n$  ( $n > 4$ )とすることで5値以上の多値化も可能である。なお、データの復号は、図14(c)に示した方法に限定されず、様々な多値符号に適用可能である。特に実施例1-2のPRMLやトレリス符号化変調方式と、ビタビ復号との組み合わせが有効である。

#### 【0054】実施例2-2

この実施例では、実施例2-1と同様にして得られた光ディスクから、図5の再生系の2分割光検出器64からの差信号出力( $D_1 - D_2$ )のみを用いて信号再生した。図15(a)にトラック上のビット列を示し(図14(a)と同じ)、図15(b)にビット列に対応する( $D_1 - D_2$ )出力の信号波形を示す。トラック中心からのデータビット43の偏位量が大きくなるにつれて信号振幅は増大する。前記式(2)において、ビットの深さが $\lambda/8n_s$ の時に、反射回折光に $\pi/2$ の位相差を生じて $\sin \Phi_{01}$ が最大となるため、トラック中心からのビット43の偏位に対する信号振幅変化を最大にすることができる。ビット偏位量を信号振幅の大きさに基づいて分離するために、スライスレベルS0、S1、S2を各振幅の中心に設定し、各々のスライスから2値化信号 $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ を得た。次いで、図15(c)に示したように、 $B_1$ と $B_2$ のmod 2加算を行った後、 $B_0$ との論理和を取ることにによって下位ビットを得、 $B_1$ を上位ビットとして、4値信号を生成した。この例でも、各多値信号レベル間のS/Nが確保されれば、 $f_n$  ( $n > 4$ )とすることで5値以上の多値化も可能である。なお、データの復号は、図15に示した単純な2値化に限定されず、様々な多値符号に適用可能である。特にPRMLやトレリス符号化変調方式とビタビ復号との組み合わせが有効である。

#### 【0055】実施例3-1

この実施例では、トラック中心から内周側及び外周側にそれぞれ異なる大きさで偏位したデータビット列を有する光ディスクを作製する。AO素子21用のシンセサイザ24の周波数を以下のように設定した以外は、実施例1と同様の光学系を用いて実施例1と同様にフォトレジスト原盤を露光した。

【0056】シンセサイザ設定周波数:

$f_0 = 80.0 \text{ MHz}$  (クロックビット形成用)  
 $f_1 = 76.7 \text{ MHz}$  (サーボビット及びデータビット形成用)  
 $f_2 = 78.4 \text{ MHz}$  (データビット形成用)  
 $f_3 = 81.6 \text{ MHz}$  (データビット形成用)  
 $f_4 = 83.3 \text{ MHz}$  (サーボビット及びデータビット形成用)

【0057】上記周波数 $f_2$ 及び $f_3$ により得られるデータビットのトラック中心からの偏位量は、それぞれ周波数 $f_1$ 及び $f_4$ により得られるデータビットの偏位量の約40%であった。露光された原盤から、実施例1と同様にして、Niスタンプを作製した後、射出成型して光ディスクを製造した。

【0058】得られた光ディスクから、実施例1と同様に図5に示した再生系を用いて、再生信号を検出した。図16に、再生光が照射されている光ディスクのトラック部分の拡大図並びにトラック中心からの偏位量に対する2分割検出器64からの和信号出力及び差信号出力を示す。ビット9a、9b、9c、9d及び9eの偏位量は、それぞれ、原盤露光時にAO素子に入力した周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_0$ 、 $f_3$ 及び $f_4$ に対応する。図17にこの光ディスクの再生方法の概略を示した。図17(a)はトラック上のデータ領域のビット列パターンを示し、クロックビット42は偏向周波数 $f_0$ により、サーボビット41は偏向周波数 $f_1$ 及び $f_4$ により、データビット43は $f_1 \sim f_4$ の偏向周波数により形成されたものである。図17(a)の下方に記録された4値コードを併せて示した。図17(b)及び(c)は、それぞれ、これらのビット列に対応する2分割光検出器出力の和信号出力( $D_1 + D_2$ )と差信号出力( $D_1 - D_2$ )を示す。図17(c)に示すように、トラック中心に位置するビットからそれぞれの検出部180及び181に向かう回折光強度は同一なので( $D_1 - D_2$ )はゼロになる。一方、トラック中心から偏位したビットからの回折光強度は2つの検出部180及び181において異なるので、ビットの偏位方向と偏位量に従って( $D_1 - D_2$ )出力は段階的に変化する。ビット偏位量を信号振幅の大きさに基づいて分離するために、スライスレベルS1、S2、S3を各振幅間の中心に設定し、各スライスから2値化信号 $B_1$ 、 $B_2$ 及び $B_3$ を得た(図17(c))。図17(d)に示すように、 $B_2$ と $B_3$ のmod 2加算を行った後、 $B_1$ との論理和を取ることにによって下位ビットを得、 $B_2$ を上位ビットとすることによって、4値信号を再生した。

【0059】なお、データの記録の際に特定の4値記録用符号化方法(トレリス符号化変調方式)で入力2値信号を4値化しておき、再生の際にビタビ復号を用いて復号することもできる。図18に入力2値信号を4値化する場合の遷移規則の一例を示す。この遷移規則では、ある時刻の4値符号と入力される2値符号により次の時刻

の4値符号が一義的に決まり、且つ2値符号が0のときに取り得る4値符号と2値符号が1のときに取り得る4値符号との差の絶対値が2になるようにする。すなわち、ある時刻の4値符号(2ビットの2値符号で表して)が00であり且つ入力2値符号が0である場合に、次の時刻の4値符号は00となる遷移のみが許され、ある時刻の4値符号が00であり且つ入力2値符号が1である場合に、次の時刻の4値符号は10となる遷移のみが許容される。ある時刻の4値符号が01であり且つ入力2値符号が1である場合に、次の時刻の4値符号は00となる遷移のみが許され、ある時刻の4値符号が01であり且つ入力2値符号が10ある場合に、次の時刻の4値符号は10となる遷移のみが許容される。ある時刻の4値符号が10であり且つ入力2値符号が0である場合に、次の時刻の4値符号は01となる遷移のみが許され、ある時刻の4値符号が10であり且つ入力2値符号が1である場合に、次の時刻の4値符号は11となる遷移のみが許容される。ある時刻の4値符号が11であり且つ入力2値符号が1である場合に、次の時刻の4値符号は01となる遷移のみが許され、ある時刻の4値符号が11であり且つ入力2値符号が0である場合に、次の時刻の4値符号は11となる遷移のみが許容される。

【0060】上記の遷移規則は、図19に示した符号化器を用いることによって実行することができる。同図中、Input bit は入力2値符号であり、Output bitのうちMSB及びLSBはそれぞれ4値信号を構成する上位ビット及び下位ビットである。上記のように4値記録の符号化規則を定めることにより、記録された信号を再生する際にビタビ復号方式を用いることができ、それによって信号エラーの発生率を低下させることができる。ビタビ復号では、トレリス線図を作成して、再生時に得た各時刻の多値符号を用いてバスメトリックを内部状態毎に計算し、生き残りパスを得ることで尤度を最大にする復号を行う。図18に示したような規則の下で4値符号化を実行することによって、符号化の際に、図19の符号化器のシフトレジスタTに内在する値により一意に定まる内部状態が4値符号と一致するために、ビタビ復号における処理が簡単になるという効果がある。また、PRMLとビタビ復号との組み合わせも有効である。

#### 【0061】実施例3-2

実施例3-1において、シンセサイザ用周波数 $f_4$ をサーボビット形成専用用い、未記録レベル(データビットなし)を上記4つのビットデータの1つに対応させた以外は、実施例3-1と同様に原盤を得、スタンパを製作して光ディスクを製造した。図20に、再生光が照射されている光ディスクのトラック部分の拡大図並びにトラック中心からの偏位量に対する2分割検出器64からの和信号出力及び差信号出力を示す。

【0062】図21にこの光ディスクの再生方法の概略を示した。図21(a)はトラック上のビット列を示し、

サーボ領域においてクロックビット42は偏向周波数 $f_0$ により、サーボビット41は偏向周波数 $f_1$ 及び $f_4$ により、データ領域のデータビット43は $f_1 \sim f_3$ の偏向周波数により形成されたものである。図21(a)の下方に記録された4値コードを併せて示した。図21(b)及び(c)は、それぞれ、2分割光検出器からの和信号出力( $D_1 + D_2$ )と差信号出力( $D_1 - D_2$ )を示す。ビット偏位量を信号振幅の大きさに基づいて分離するために、図21(c)に示したように、差信号出力( $D_1 - D_2$ )にスライスレベル $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ を設定し、各スライスレベルから2値化信号 $B_1$ 、 $B_2$ 及び $B_3$ を得た。図21(d)に示すような論理演算を行うことにより下位ビット及び上位ビットを得、4値信号を生成した。このデータビットパターンは、 $f_4$ に対応するデータビットがないために実施例3-1に比べてトラック間のクロストークを一層少なくすることができる。

#### 【0063】実施例3-3

実施例3-1において中心周波数 $f_0 = 80.0 \text{ MHz}$ をクロックビットのみならずデータビット形成用として用い且つ信号の記録再生にPR(1, 2, 1)方式及びビタビ復号を用いた以外は、実施例3-1同様にして原盤を形成し、そのスタンパから光ディスクを製造した。図22に、再生光が照射されている光ディスクのトラック部分の拡大図並びにトラック中心120からの偏位量に対する2分割検出器64からの和信号出力及び差信号出力を示す。差信号出力について図22に示したようにスライスレベル( $S_1 \sim S_4$ )を設定し、トラック中心120にあるデータビットにもビットデータを割り当てることにより、5値記録を可能にした。

【0064】入力2値信号を5値信号として記録する際に、図23(a)に示した回路を有する符号器を用いて、PR(1, 2, 1)方式で信号変調を行った。図23(b)に、この回路を用いて入力2値信号を5値信号に変調する操作を示す。最初に、プリコード202を用いて2値入力データ信号に2Tの符号間干渉を与えるインターリーブドNRZI変換を行う。このインターリーブドNRZI変換された信号を、PR(1, 2, 1)相当信号発生器206のシフトレジスタTを用いてそれぞれ1ビット(1T)及び2ビット(2T)遅延させた信号を生成する。そして、インターリーブドNRZI変換された信号と遅延した信号を加算器204で足し合わせて5値信号を生成した。

【0065】図24(a)に、図23(b)に示したPR(1, 2, 1)方式の信号処理を2値及び5値符号で示す。また、PR(1, 2, 1)方式でプリコードされた5値信号が記録されたトラック上のビット列パターンを図24(b)に示す。かかるビット列が形成された光ディスクを図5の再生系で再生した。2分割検出器64から検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )の波形をそれぞれ図24(c)及び(d)に

示す。差信号出力 ( $D_1 - D_2$ ) を、図25に示した再生装置のブロック図に従って復号及び再生した。差動アンプで生成した ( $D_1 - D_2$ ) を、アナログ波形等化器を通すことにより光学的な符号間干渉を除去してPR特性を得、アナログ信号をA/D変換した。その後、デジタルトランスバースフィルタで内外周特性差を吸収して5値を判定した後、ビタビ復号器に供給して2値化した。再生クロックは、A/D変換後の信号により生成した。

#### 【0066】実施例3-4

この実施例では、実施例3-1の場合よりもさらに多種の偏位量を有するデータビットをトラック中心から内周側及び外周側に形成した光ディスクを作製する。偏向器として図3に示したEO偏向器を用い且つトラック中心から4種類のオフセット量を内周側と外周側にそれぞれ有するビットが形成されるようにEO偏向器に電圧V0~V8を印加した以外は、実施例3-1と同様にしてスタンプを作製し、それにより光ディスクを製造した。図26に、再生光が照射されている光ディスクのトラック部分の拡大図並びにトラック中心120からの偏位量に対する2分割検出器64からの和信号出力及び差信号出力を示す。差信号出力について図26に示したようにスライスレベル(S1~S7)を設定し、トラック中心にあるデータビットにもビットデータを割り当てることにより8値記録を可能にした。

【0067】図27にこの光ディスクから8値信号の再生方法を示す。図27(a)は、光ディスク上のトラック上にビット列パターンを示し、図27(b)及び(c)は、図5の再生系の2分割検出器64で検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )の波形をそれぞれ示す。図27(b)及び(c)に示した各スライスレベルS0~S7から2値化信号B0~B7を求め、それらを図27(d)に示した論理演算を行って3ビットの信号を得、それを単純に合成して8値に対応させた。

【0068】この実施例において、信号の記録再生の変形例として特定の8値記録の際の遷移規則を定めることによってビタビ復号を用いることができる。図28にこの遷移規則の例を示す。ある時刻の3ビットの信号から次の時刻の3ビットの信号に遷移する際に、当該ある時刻の3ビットの信号と入力される2ビットの信号により図28に示されたような遷移のみが許されるようにする。この遷移は、図29に示したような符号器を用いて実行することができる。こうして得られた8値信号を再生する際にビタビ復号を用いてエラーの少ない信号が得られる。

【0069】図29の符号化器に入力される信号は4値信号であるが、入力信号が2値信号である場合には、例えば、図30に示したような操作により2値信号を4値化することができる。図30に示したように、最初に2値データ信号(2)とクロック信号(1)及び逆極性のクロ

ック信号との論理積をそれぞれ求めることによって奇数データ(3)及び偶数データ(4)を生成する。(3)を(1)の2倍のクロック周波数で動作するシフトレジスタに入力し、1ビットシフト信号と2ビットシフト信号を取り出し、その論理和を作って4値信号の下位信号(5)を生成する。(4)を(3)と同様に(1)の2倍のクロック周波数で動作するシフトレジスタに入力し、1ビットシフト信号と(4)の論理和を作って4値信号の上位信号(6)を生成する。

【0070】この実施例のように偏位量が多い場合、複数の信号制御が必要となるので、偏向器として図3に示すEO偏向器を用いて偏位量を制御した方が、フォーマット25の偏向信号制御回路の構成が簡略化でき、偏位に要する時間も速くできるため高密度化への対処が容易である。

#### 【0071】実施例3-5

この実施例では、実施例3-2に比べてデータビットがトラック方向に一層短い間隔で形成された光ディスクを作製し、そこから多値化された信号を再生する。実施例3-2と同様にして各周波数をトラック中心から所定の偏位量を有するデータビット形成用に用いたが、フォーマット25からの記録データ信号パルスは実施例3-2で用いた基準パルス長Tの半分であるT/2とした。こうして得られた光ディスクから多値信号を再生する方法を図31に示す。図31(a)は、光ディスク上のトラック上のビット列を示し、各データビット43は実施例3-2(図21(a))の場合に比べてトラック方向に密に配列している。図31(b)及び(c)は、図5の再生系を用いてトラックから得られた2分割検出器64で検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )の波形をそれぞれ示す。図31(b)及び(c)に示した各スライスレベルS0~S3から2値化信号B0~B3を求め、それらを図31(d)に示した論理演算を行って下位ビット及び上位ビットの信号を得、それらから4値信号を生成した。

【0072】実施例3-2(図21)において、ビット間隔を短くしても和信号出力はビット間のクロストークによって検出できない部分がある。しかしながら、本実施例の差信号出力では明確に各信号レベルが区別されている。この例からコンパクトディスク等の長短ビットのエッジ位置に情報を付与したマークエッジ記録方式を、本発明のトラックと直交する方向に偏位した連続ビットパターンに適用可能であることがわかる。後述するようにマークエッジ記録方式を本発明の光ディスクに適用するとさらに線密度を向上することができる。例えば、図22(実施例3-3)に示したような5値記録の偏位レベルを設定し、トラックピッチ1.6 $\mu$ mのCD-ROMにマークエッジ方式を適用した場合、約2倍の高密度化が可能となる。

#### 【0073】実施例4

この実施例では、トラック中心の両側に同時に同一の大きさに偏位されたデータビットを有する光ディスクを作製する。トラック中心の両側に同時に同一の大きさに偏位されたデータビット対を1つの光ビームでビットを偏位させて形成する場合、原盤が一周する間に原盤の半径方向のみならず、接線方向にも光ビームを高速に偏位させねばならない。これを実行するには一本の光路上に、各々の偏向する方向が直交する2個の偏向器を直列に並べなければならなくなるので、光学系の調整が困難となる。さらに、所定のビット対を得るための信号の位相調整、接線方向の光ビーム移動を一時的に止めるための偏位量調整、ビットを形成するための変調器のタイミング調整など非常に困難な点が多い。別の方法として、記録レンズと原盤の相対移動速度を所定の半分とし、2回転で1トラック分記録することが考えられる。この方法では光学系の調整は容易になるが、一周目と2周目のタイミング調整は困難となるという問題がある。さらに別の方法として、図1に示した原盤記録装置において、A0偏向器13に入力する偏向周波数を固定し、また、E0偏向器15の偏向電圧も固定して、各々の角度をずらすことによってトラック中心の両側に同時に同一の大きさに偏位されたデータビットを形成することが考えられる。しかしながら、この方法ではビット対のタイミング調整やトラック中心に対する対称性の調整がやや困難となる。

【0074】本実施例では、図1の原盤記録装置を使用して、実施例3-1で用いた $f_2 = 78.4 \text{ MHz}$ と $f_3 = 81.6 \text{ MHz}$ の偏向周波数信号をクロック信号に同期させて、片方だけあるいは両方同時にA0偏向器13に入力した。そして偏向信号と同様に、クロックと同期したビット形成用データ信号を、A0変調器12に入力する。変調信号(Ms)及び偏向信号( $f_2, f_3$ )をクロック信号(Cs)とともに図32(a)に示した。この際、 $f_2$ と $f_3$ の両方の偏向信号が入力された場合、出射光は、 $f_2$ あるいは $f_3$ の一方の信号だけ入力した場合の約50%の強度の2つのビームに分かれる。この場合、露光用の光スポットサイズは小さくなるため、トラック中心を隔てて対向するビット対のビットサイズは、図32(b)に示したように、トラック中心から一方の側に偏位して単独に存在するビットのサイズに比べて小さくなる。原盤露光後、得られた原盤から実施例3-1と同様にN1スタンプを作製し、それより複製ディスクを作製した。

【0075】図32(c)及び(d)は、図5の再生系の2分割検出器64で検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )の波形をそれぞれ示す。図32(c)及び(d)に示した各スライスレベルS0~S2から2値化信号B0~B2を求め、それらを図32(e)に示した論理演算を行って下位ビット及び上位ビットの信号を得、それらから4値信号を生成した。

#### 【0076】実施例5-1

本実施例では、光磁気ディスクのトラック中心からビット及び記録マークを偏位させて多値化情報を記録する例を示す。図33に本実施例に係る光磁気ディスクの断面構造を示す。この光磁気ディスクは、片面に所望のプリフォーマットパターンが形成された透明基板331上に、第1エンハンス膜333、垂直磁化膜334、第2エンハンス膜335、反射膜336及び保護膜337が、順次積層されてなる。第2エンハンス膜335と反射膜336は必要に応じて形成される任意層である。第1エンハンス膜333としては膜厚約100nmのSiN誘電体膜を、垂直磁化膜334としては膜厚約20nmの $\text{Tb}_{29}\text{Fe}_{58}\text{Co}_{13}$ 非晶質磁化膜を、第2エンハンス膜335としては膜厚約30nmのSiN誘電体膜を、反射膜336としては膜厚約75nmのAl金属膜をそれぞれマグネトロンスパッタリング法により真空中で成膜した。保護膜337は、紫外線硬化樹脂を塗布して硬化させた。

【0077】こうして得られた光磁気ディスクに、図34に示した記録装置を用いてトラック中心からトラックの内周側及び外周側に同一量だけ偏位したマークを記録した。記録用光源として、マークをトラックと直交する方向に偏位させるためにマルチレーザヘッドの光源111を用いた。この光源は4つのレーザヘッドを備え、各レーザからのビームがトラック中心から4種の偏位量でトラックを照射する。記録の際に、磁気コイル(図示しない)を用いて記録信号に応じて磁界を発生させた。また、この光磁気ディスク165の基板のプリフォーマットパターンは、実施例1~3に示したような方法でトラック中心から種々の偏位量で形成されたプリビットからなる。得られた光磁気ディスク上のプリビットエリア及び記録マーク(磁区)エリアを図36(a)に示す。

【0078】光磁気ディスクに記録された記録マークは、極カー効果、すなわち、磁性膜の磁化の方向によって再生用入射光の偏光面が光磁気ディスクからの出射時に回転する現象を利用して再生される。この光磁気ディスク165を図35に示した再生系を用いて再生した。光磁気ディスク165を図示しない駆動系により回転させながら、半導体レーザ61から出射したレーザ光を、偏光プリズム62を経て絞り込みレンズ63によりディスク165上に収束させた。この際、サーボ用のプリビットを使ってレーザ光をトラック中心に沿って追従させた。ディスク165からの反射光は、1/2波長板66により偏光面を45度傾けた後、偏光プリズム67により光量を2分割し、2個の光検出器65、68に入射させた。光検出器65、68は実施例1で用いた検出器と同様の2分割検出器であり、トラック中心からの一次回折光が各々の検出部182、183(または検出部184、185)に均等に分かれて入射するようにそれぞれ配置した。トラック中心からの記録マークの偏位量に応



じて、各々の一次回折光強度は逆位相で増減する。従って、検出部182と検出部183の出力の差、即ち、

( $D_1 - D_2$ ) 及び検出部184と検出部185の出力の差、即ち、( $D_3 - D_4$ ) を求めることにより記録マーク及びプリビットの偏位量を検出することができる。また、 $D_1$  と  $D_2$  の和及び  $D_3$  と  $D_4$  の和を求めることによって記録マークの有無を検出することができる。一方、通常の光磁気ディスク再生系においては、偏光プリズム67で2分された光の和でプリビットを、差で光磁気信号を検出する(但し、検出器は単一の検出部を有する)。従って、プリビット信号の有無は( $D_1 + D_2$ ) + ( $D_3 + D_4$ ) 出力、プリビットの偏位は( $D_1 - D_2$ ) + ( $D_3 - D_4$ ) 出力、記録マーク(磁区)の有無は( $D_1 + D_2$ ) - ( $D_3 + D_4$ ) 出力、記録マークの偏位は( $D_1 - D_2$ ) - ( $D_3 - D_4$ ) 出力で検出できる。

【0079】図36(b)～(e)に上記の4つの信号出力の例を示す。この場合、( $D_1 - D_2$ ) + ( $D_3 - D_4$ ) 出力によるビットの偏位信号と、( $D_1 - D_2$ ) - ( $D_3 - D_4$ ) 出力による記録磁区の偏位信号をゲインを合わせて合成し、共通のスライスレベルS1、S2、S3により2値化して4値を検出することができる。

【0080】また、光磁気ディスクに多値記録する別の例として、記録用光源として2つのレーザダイオードを用いて、実施例4と同様な、トラック中心の両側に同時に同一の大きさで偏位されたマークを光磁気ディスクに記録した。記録の際の2つのレーザダイオードの発光パターン、記録された磁区パターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びに4値信号を再生するための演算法を図37(a)～(e)に示す。

【0081】上記実施例で示したように、アドレス情報等のプリビット信号と記録マーク(記録磁区)とを同じ方式で再生することができるので、再生装置の信号処理回路を簡略化できる。データの復号は、単純な2値化に限定されず、様々な多値符号に適用可能である。特にPRMLや特定の遷移規則によるトレリス符号化変調方式とビタビ復号との組み合わせが高密度化に有効である。

#### 【0082】実施例5-2

本実施例では、トラック中心から記録マークを偏位させて多値化情報を記録する方式を相変化型の光ディスクに応用した例を示す。データ情報以外のアドレス等の情報をプリビットの形で含む基板を射出成型によって作製し、以下のようにして相変化型記録膜を基板上に積層して、図38(a)に示したような断面構造の相変化型の光ディスク製造する。射出成形基板331上に第1透明誘電体膜340としての $\text{SiO}_2$ を160nm、相変化型記録膜341としての $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ を30nm、第2透明誘電体膜342としての $\text{SiO}_2$ を50nm、反射膜343としてのAlを80nm、順次スパッタリ

ングにより積層した。反射膜343上に、保護膜344として紫外線硬化樹脂を塗布して硬化させた。第1及び第2透明誘電体膜としての $\text{ZnS-SiO}_2$ を、反射膜としてAuを使用してもよい。

【0083】また、図38(a)の変形例として、図38(b)に示したように、透明基板331と第1透明誘電体膜340との間に金属干渉膜345を積層した。この場合、透明基板上に金属干渉膜345としてAuを8nm、第1透明誘電体膜340としての $\text{SiO}_2$ を40nm、相変化型記録膜341としての $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ を10nm、第2透明誘電体膜342としての $\text{SiO}_2$ を15nm、反射膜343としてのAuを50nm、順次スパッタリングにより積層した。

【0084】こうして得られた相変化型光ディスクに、図39に示したような3つの独立に変調できるレーザ光源LD0、LD1及びLD2を備えた記録装置を用いて記録マークを記録した。かかるレーザ光源LD0、LD1及びLD2の発光パターン及びそれにより記録された記録パターンをそれぞれ図40(a)及び(b)に示す。LD0はトラック中心を、LD1及びLD2はトラック中心からオフセットした位置にそれぞれ記録マークを形成する。こうして相変化光ディスクに記録された多値信号を、図5の再生系を用いて再生した。信号の復調は、図40(c)及び(d)に示したように2分割検出器64からの和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )を検出し、それらにスライスレベルS0～S2を設定して2値信号 $B_0 \sim B_2$ を求め、それらを図40(e)に示したような論理演算を行うことによって実行することができる。

【0085】記録用光源としてレーザダイオードLD0及びLD1からなる2ビーム光源を用いた以外は上記の例と同様にして、相変化型光ディスクに4値信号を記録した。LD0及びLD1をトラック中心から偏位した記録マークを形成するために用い、トラック中心には記録マークを形成しなかった。レーザ光源LD0及びLD1の発光パターン、それにより記録された記録パターン、和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )並びに4値信号再生のための演算法を、図41(a)～(e)に示す。このように2ビーム光源でも4値記録が可能となる。

【0086】ここで、記録膜として用いた $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ は、記録(光照射)によって結晶状態から非晶質状態に変化する。波長780nmにおける $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ の結晶状態における屈折率 $n_c$ は、 $n_c = 5.4 - 6.6i$ であり、非晶質状態における屈折率 $n_a$ は、 $n_a = 4.5 - 4.3i$ である。なお、屈折率の虚数部は消衰率である。図42に、入射光のP偏光に対して記録部及び未記録部から反射されたP偏光の位相の相違を示す。図中、 $E_p$ は入射光のP偏光の振幅の変化を、 $E_{pw}$ は記録部から反射されたP偏光の振幅の変化を、 $E_{p0}$

は未記録部から反射されたP偏光の振幅の変化をそれぞれ示す。同図に示した記録部及び未記録部からの反射光強度を表す式より、特定の $n$ 、 $k$ 変化を生じる材料を選定することによって、それぞれの反射光のP偏光成分のS偏光成分に対する位相差 $\delta 0$ 、 $\delta W$ が、 $\delta 0 = \delta W + (2N+1)\pi$ を満たすときに記録部及び未記録部からの反射光強度の差を最大にすることができる。これは、信号間のコントラストを最大にして検出感度を向上できることを意味する。

#### 【0087】実施例6-1

この実施例ではトラックと直交する方向にビットを種々の偏位量で偏位させて記録を行う多値記録に、時間位相多値記録を組み合わせた2次元多値記録方法を示す。時間位相多値記録は、各ビットのエッジ位置をトラック方向に微少量変化させてエッジ位置に時間方向の多値情報を記録する方式(SCIPER)である。

【0088】実施例3-1と同様にしてAO偏向器に偏向周波数 $f1 = 76.7\text{MHz}$ 、 $f2 = 78.4\text{MHz}$ 、 $f3 = 81.6\text{MHz}$ 、 $f4 = 83.3\text{MHz}$ 及び中心周波数 $f0 = 80.0\text{MHz}$ を入力して原盤にビット形成用パターンを露光した。ここで、 $f1 \sim f4$ はデータビット形成用の周波数であり、このうち、 $f1$ 及び $f4$ はサーボビット形成用としても用いられる。 $f0$ はクロックビット形成用の偏向周波数である。AO偏向器の代わりにEO偏向器を用いて $f0 \sim f4$ に対応する $V0 \sim V4$ の印加電圧で偏位量を制御できることはいうまでもない。

【0089】データビット形成用パターンを露光する際に、以下のようにして時間位相多値記録を適用した。図9に示したフォーマット25の信号合成部に変更を加え、ビットの記録周期(ビット中心から次のビット中心まで)を一定の値 $T$ に固定し、ビットの前縁あるいは後縁の位置または前縁及び後縁の両方の位置を、時間位相多値用の多値レベルに応じて記録周期よりも十分に小さな範囲で2段階以上に段階的に変化させた。これらの段階的なエッジ位置の間隔 $\Delta t$ はクロック周期の整数分の一になるよう設定した。このように設定されたフォーマット25と図1の原盤記録装置を用いて原盤を露光した。得られた原盤から実施例1と同様にしてNiスタンパを作製した後、射出成型により光ディスクを製造した。

【0090】上記のようにして2次元多値記録方法でデータが記録された光ディスクのトラック上のデータビット列を図43(a)に示す。図中、ビットの破線部は時間位相多値記録により形成され得るビットの前縁及び後縁位置を示し、それぞれ、入力データに応じて8通り(3ビット)の縁部位置を取り得る。ビットの実線部は実際に記録により形成されたビットの前縁部と後縁部とを示す。図43(a)の下方には、各ビットに記録されたトラックと直交する方向の偏位量による多値情報(偏位多値

情報)と時間位相多値情報とを示した。この光ディスクを図5に示す再生系を用いて再生した。2分割検出器からの和信号出力( $D1 + D2$ )及び差信号出力( $D1 - D2$ )をそれぞれ図43(b)及び(c)に示す。差信号出力( $D1 - D2$ )にスライスレベル $S1 \sim S3$ を設定し、前述の実施例で用いた演算処理を行うことにより偏位多値信号を再生することができる。一方、和信号出力( $D1 + D2$ )にスライスレベル $S0$ を設定し前縁及び後縁位置を検出することにより時間位相多値信号を得ることができる。この際、図44に示す回路を用いて、

( $D1 + D2$ )信号をピークホールドした後、ゲイン及びオフセットを調整することによって2値化スライスレベル $S0$ が各波形の振幅の中心に追従するようにスライスし、それによって振幅変動によるエッジシフトを抑制した。本実施例においては、偏位多値に2ビット、時間位相多値として前縁と後縁に各々3ビット割り当て、1つのビットで1バイトの記録を実現することができた。

【0091】なお、時間位相多値記録の際に、ビット前縁と後縁のデータを等しくすると、1ビットあたりの情報量は減少するが、再生信号の周波数スペクトルの帯域幅が狭帯域化するので $S/N$ の点で有利になり、ビットの周期 $T$ の値を小さくすることができるという利点がある。

#### 【0092】実施例6-2

ビットの後縁と次のビットの前縁の時間位相多値データを一致させるように時間位相多値データを記録した以外は、実施例6-1と同様にして光ディスクを製造し、2次元多値情報を記録した。得られた光ディスクのトラック上のビットパターンを、記録された偏位多値情報及び時間位相多値情報とともに図45(a)に示す。図5に示した再生系を用いて検出した和信号出力( $D1 + D2$ )及び差信号出力( $D1 - D2$ )をそれぞれ図45(b)及び(c)に示す。図45(c)に示した( $D1 - D2$ )信号にスライスレベル $S1 \sim S5$ を設定することにより時間位相多値データの検出が可能である。このとき、ビットの後縁と次のビットの前縁の距離は、トラック方向において、一定の距離 $d$ だけ離れるように配置する。むしろ $d = 0$ でもよいが、 $d$ の値を有効再生スポット径の $1/2$ 程度に設定すると再生波形のエッジの傾きが最大となり、最も良い $S/N$ が得られた。時間位相多値信号のスライスは、多値レベルの遷移の仕方に基づいて、その遷移を横切るスライスレベルを $S1 \sim S5$ のいずれかから選択することによって実行することができる。この場合、先頭ビットの前縁および最終ビットの後縁の時間位相多値データの読み取りができないので、それらの前後に信号レベルを補償するために、図45(a)に示したように補償ビット400を形成して、先頭ビットの前縁および最終ビットの後縁の時間位相多値データの読み取りを可能にした。補償ビット400を設ける代わりに、先頭ビットの前縁及び最終ビットの後縁に時間位相多値デ

ータを付加しない方法も可能である。

#### 【0093】実施例7-1

この実施例では、本発明をマークポジション記録方式に適用して2種類のデータ信号を記録する。実施例1で用いた原盤記録装置を用いて露光パターンを形成する際に、データ信号1を(2-7)変調してビット変調データを生成した。さらにデータ信号2をビット変調データに同期させつつ4値化変調して各ビットをトラックと直交する方向へ偏位させる偏位データを作成した。AO変調器12にビット変調データを、AO偏向器13のドライバに偏位データをそれぞれ入力して、原盤上に露光パターンを形成した。こうして得られた原盤上の露光パターンを現像し、スタンプを作製してそれより光ディスクを得た。図46(a)に2-7変調前後のデータ信号1、4値化変調前後のデータ信号2及びそれらの信号により形成されたトラック上のビットパターンを示す。なお、4値化変調には、実施例3-4で用いたような変調方法(図30)を用いた。

【0094】上記のようにして記録された光ディスクを図5に示した再生系を用いて再生した。2分割検出器から得られた和信号出力( $D_1 + D_2$ )及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )をそれぞれ図46(b)及び(d)に示す。マークポジション記録された(2-7)変調データは、( $D_1 + D_2$ )信号の微分信号を用いて微分検出した(図46(c))。その後、(2-7)デコーダを用いてデータ信号1に復調した。一方、偏位データの方は( $D_1 - D_2$ )信号を用いて、実施例3-1と同じ方法により4値データを検出し、その後、データ信号2に復調した。

【0095】本発明を通常のマークポジション記録方式の記録媒体に適用することにより、マークポジション記録データ(データ信号1)と独立に多値記録データ(データ信号2)を重畳できるので通常のマークポジション記録と比べて記録密度を著しく向上することができる。この場合、例えば、データ信号1を記録信号として、データ信号2をアドレス信号として使用することができる。また、データ信号1を音声信号として、データ信号2を画像信号として使用することも考えられる。なお、マークポジション記録コードとしては、2-7変調に限らず、1-7変調等その他のRLL(Run Length Limited code)も適用可能である。その他、ブロック符号にも適用可能である。特に、ブロック当たりのビット数が一定のコードを用いれば、多値変調データの密度が一定になるので検出が容易になる。

#### 【0096】実施例7-2

この実施例では、本発明の記録方法をマークエッジ記録方式に応用する。実施例7-1と同様の方法で、データ信号1をビット変調データとし、データ信号2をビット偏位データとして記録して光ディスクを製造した。ただし、データ信号1は、2-7変調した後、NRZI変換

してAO変調器12にビット変調データとして入力した。図47(a)に、データ信号1、2-7変調後のデータ信号1及びさらにNRZI変換されたデータ信号1並びに4値化変調前後のデータ信号2を示す。図47(a)下方に形成されたビット列も示す。この光ディスクを、図5の信号再生系を用いて再生した。2分割検出器で検出された和信号出力( $D_1 + D_2$ )信号及び差信号出力( $D_1 - D_2$ )を図47(b)及び(c)にそれぞれ示す。マークポジション記録された(2-7)変調データは、和信号出力( $D_1 + D_2$ )をスライス化することによって検出した。その際、実施例6-1で用いた追従スライス回路(図44)を用いて、和信号出力( $D_1 + D_2$ )をピークホールドした後ゲイン及びオフセットを調整し、2値化スライスレベルS0を各波形の振幅の中心に、追従させるように設定することによって振幅変動によるエッジシフトを抑制した。次いで、ビットのエッジに付与されたデータを(2-7)デコーダを用いてデータ信号1に復調した。一方、偏位データの方は、差信号出力( $D_1 - D_2$ )を用いて、実施例3-1と同じ方法により、スライスレベルS1~3を設定して4値データを得た後、データ信号2に復調した。

#### 【0097】実施例8

この実施例では、実施例1で製造した光ディスクを、実施例1で用いた2分割検出器64と異なる検出器を用いて4値信号を再生する。この実施例で用いた検出系及び3分割検出器(ボール型光検出器70)を図48に示す。3分割検出器の中央の受光素子(検出部)186はディスク反射光のうち0次回折光のみを受光し、外側の受光素子187及び188は1次回折光のみを受光し0次回折光をできるだけ受光しないように配置されている。各受光素子からの出力信号 $D_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ を実施例1で得られたビットパターン(図7(a)(図49(a)))と対応させて図49中の(b)~(d)に示す。これらの信号に対して2値化スライスレベルS0~S2を設定して各スライスレベルにより2値化信号 $B_0$ ~ $B_2$ を得た。次いで、図49(e)に示すように、 $B_1$ を下位ビットとし、 $B_1$ と $B_2$ のmod 2加算したものを上位ビットとして4値信号を生成した。

【0098】一方、各受光素子からの出力信号を加算した $D_0 + D_1 + D_2$ は、図5の2分割検出器からの和信号出力( $D_1 + D_2$ )とほぼ同一の信号が得られる。また、この実施例で用いた検出器からの差信号出力( $D_1 - D_2$ )は、図5中の2分割検出器64からの差信号出力( $D_1 - D_2$ )に比べて、0次回折光成分が少ないので、高S/Nを得ることができ、それによって一層高精度な多値記録信号検出系を構築することができる。なお、この3分割検出器は本実施例に限定されず、前述のビットまたは記録マークの偏位量により多値記録するすべての方法に利用することができる。

#### 【0099】実施例9-1

本実施例では、多値の信号レベルを正確に判定するため、多値信号を識別するスライスレベルを設定するためのテスト信号を記録した光ディスクを製造する。本発明では検出信号にスライスレベルを設定することによって多値信号を識別しているが、光ディスク等の媒体間や媒体内の信号レベルの振幅のバラツキがあると、多値信号の識別エラーが生じる可能性がある。そこで、光ディスク等の媒体に予めスライスレベル設定用のテスト信号を記録することとした。このために、ユーザがアクセスして信号の記録、再生、消去等を行うユーザ領域以外の領域に、最適な記録条件を検出するためのテスト領域を別途設けた。

【0100】図50に、CAV（角速度一定）方式の光ディスクにテスト領域を設けた例を示す。ユーザ領域211を介してディスクの最内周部及び最外周部に、テスト領域212を設けた。なお、テスト領域212は、ディスクの最内周部又は最外周部のいずれか一方にのみ設けることもできる。また、図51に、ZCAV（Zoned-CAV）方式の光ディスクにテスト領域を設けた例を示す。ゾーン境界部の近傍にテスト領域212が設けられている。なお、ZCAV方式の光ディスクにおいても、CAV方式の光ディスクと同様に、ディスクの最内周部及び最外周部にテスト領域212を設けることもできる。

【0101】光ディスクのテスト領域には図52に示すようなテストビットパターンを形成した。この光ディスクに記録される多値データは、このテストビットのいずれかに対応することになる。信号長は、必要に応じて任意に設定できるが、多値の信号レベルを正確に判定するため、再生用レーザビームのスポット径44よりも長くすることが特に好ましい。再生用レーザビームのスポット径よりも長くすることによって、各信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号の各レベルにおいて、前後の信号レベルを光学的な干渉によるレベルシフトを生じない領域とすることができる。

【0102】テストパターンの多値記録信号の再生に当っては、図5中に示した2分割検出器64を用いて差信号出力を検出した。得られた差信号出力（テスト信号）を図52の中段に示す。図53に示す回路を用いて、テスト信号の再生時に多値信号レベルの1～nのレベルを各々サンプルホールドし、信号レベルkとk+1のサンプルホールドレベル $V_k$ と $V_{k+1}$ から信号レベルkとk+1を弁別するためのスライスレベル $(V_k + V_{k+1})/2$ を生成した。発生させたサンプルホールドパルスを図52下段に示す。

【0103】なお、前記テスト信号は、例えば、図54に示したように、前記データ記録単位の前頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良い

し、クロックの同期を取るための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。さらに、各トラックの先頭部であっても良い。

【0104】上記テスト信号から発生したスライスレベルは光ディスクドライブ等の再生装置に出力されて、データビットまたは記録マークからの検出光を再生するためのスライスレベルの基準となる。

#### 【0105】実施例9-2

本実施例では、マークエッジ記録方式を用いた光記録媒体のビット（記録マーク）のエッジを検出するタイミングを正確に判定するためのテスト信号を光ディスクに予め記録する。実施例9-1と同様に、ユーザがアクセスして信号の記録、再生、消去等を行うユーザ領域以外の領域に、最適な記録条件を検出するためのテスト領域を設けた。媒体のフォーマットとしては、実施例9-1と同様に図50及び図51に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【0106】図55の上段に示すように、記録される複数のレベルの多値信号に対して各レベルの信号を表すビットが少なくとも1つ存在するようにテストビットパターンをテスト領域に形成した。ビット（信号）長は、必要に応じて任意に設定できるが、各多値信号レベルの長さの光学的な位相シフトを防止するため、再生用レーザビームのスポット径の $1/2$ よりも長くすることが特に好ましい。図5に示した再生系で多値記録信号が再生される際、最初に、テスト領域のテストビットパターンが再生される。テスト信号は差信号出力から再生する。この際、各多値信号レベルを示すビットについて、図55に示すように、ビット前縁及び後縁を独立に検出し、それらの検出信号からデータビットのエッジ検出信号の基準タイミング（タイミング検出信号）を生成する。そして、データ信号再生時には、データ信号の各多値信号レベルの前縁及び後縁を独立に検出し、図56に示すような回路を用いて、テスト信号から得られた基準タイミングに基づいて各エッジからの検出信号を合成する（論理和を求める）。

【0107】テスト領域に記録されたテスト信号からエッジ検出用基準タイミングを発生させ、そのタイミングに基づいてビットエッジに付与されたデータ信号を再生する原理を、図57（参考図）を用いて一層わかり易く説明する。図57は、マークエッジ方式で記録された2値信号を、テスト領域に記録された3Tの長さのビットを用いて正確に検出する例を示す。通常の2値化信号の検出では2値化スライスのためのレベルが再生信号の中心からずれた場合、同図(a)のようにビット長もギャップ長も所定の値ずれるため、ウインドマージンが狭くなる。一方、同図(b)及び(c)は、それぞれテスト信号の各エッジを基準にして立ち上がりエッジ（ビット前縁に相当）と立ち下がりエッジ（ビット後縁）を独立に検出

した波形である。このように前及び後エッジを独立に検出すると、あるビット（マーク）と次のビット（マーク）の前エッジ間の間隔または後エッジ間の間隔自体は維持されるため、ウインドマージンが広がる。しかも、立ち上がりエッジと立ち下がりエッジのタイミングの間隔はテスト信号のビット長（3T）を示すため、それらのずれを補正して、前エッジ及び後エッジからの2値化データの論理和を取ることによって同図(f)に示したように元の信号を容易に復元できる。図57中、(d)は(b)の2値化符号を示し、(e)は(c)の2値化符号を示す。なお、ここでは説明を簡単にするために、マークエッジ方式で記録された2値信号（トラック中心からの偏位なし）で説明したが、かかる原理の下で、図55に示した多値信号が再生される。

【0108】この実施例においても、前記テスト信号は、図58に示すように、前記データ記録単位の先頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良いし、クロックの同期をとるための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。

#### 【0109】実施例9-3

本実施例では、実施例9-1及び実施例9-2のテスト信号を備えた、マークエッジ方式を用いて多値記録された光ディスクを製造する。媒体のフォーマットとしては、図50又は図51に示すフォーマットを有するものが用いられる。スライスレベル設定用及び基準タイミング発生用の各テスト信号のデータパターン並びに多値記録信号の再生方法については、実施例9-1及び実施例9-2と同様である（図52及び図55参照）。この光ディスクを図5に示した再生系で多値記録信号を再生する際、テスト領域に予め記録されたスライスレベル設定用テスト信号並びに基準タイミング発生用テスト信号を再生することによって、スライスレベルを設定し且つエッジ検出用の基準タイミングを発生した。それらのスライスレベル及び基準タイミングに基づいてマークエッジ方式で光ディスクの多値信号を再生した。

【0110】なお、この実施例においても、前記テスト信号は、図59に示すように、前記データ記録単位の前頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良いし、クロックの同期をとるための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。

#### 【0111】実施例10

この実施例では、本発明の多値記録方法を他の多値記録

方法と組み合わせた例を示す。偏位ビットとして、実施例3-1に示したような、トラック中心から内周側及び外周側に、それぞれ異なる大きさに偏位したデータビット群を形成し、それらにトラックアドレス、セクタアドレス等のID信号を多値信号で記録した。実施例3-1と同じ方法で、原盤を作製し、得られた原盤からNisタンパを作製し、それよりディスクを複製した。得られたディスクを基板として、記録膜を積層して光磁気ディスクを作製した。記録膜として本出願人らが特願平6-96690号に示したような2種類の記録膜から構成された多値記録膜を形成した。こうして得られた光磁気ディスクの構造を図60に示す。また、図61(a)にこの媒体中の第1記録膜及び第2記録膜のとり得る4種の記録状態を希土類元素と遷移元素の副格子磁気モーメントの配向状態として示した。図61(b)には、印加外部磁界に対する上記4種の記録状態に対応する信号出力を示す。この記録媒体を用いて、外部磁界を調整することにより4種の記録信号を記録することができる。

【0112】この光磁気ディスクを図35に示した再生系を用いて再生した。ID信号であるプリビットの偏位は $(D_1 - D_2) + (D_3 - D_4)$ 出力、多値記録磁気信号は $(D_1 + D_2) - (D_3 + D_4)$ を用いて再生した。図62中、(a)はIDビット及び多値記録磁区のパターン例を示し、(b)~(d)は2分割検出器からの出力波形を示す。 $(D_1 - D_2) + (D_3 - D_4)$ 出力によるビット信号の偏位信号と $(D_1 + D_2) - (D_3 + D_4)$ 出力による多値記録磁区信号の二つをゲインを合わせて合成し、共通のスライスレベルS1、S2、S3により2値化して4値を検出した。このように、ID信号とデータ信号を同一の復号器で2値化できるので再生系が簡略化できる。

【0113】前記実施例において、AO偏向器またはEO偏向器を用いて光ビームを偏向して記録マークやビット形成スポットを偏位させたが、図63に示すようなマルチビームレーザを持つ光ヘッドを用い、各レーザを交互に変調することによって光ビームを所定のオフセット量で偏位することもできる。また、図39に示したように（実施例5-2）複数のレーザを有する光ヘッドを持つ記録再生装置を用いても良い。

【0114】前記の各実施例において2分割式（または3分割式）の検出器を用いて $D_1$ 及び $D_2$ 信号を特定の演算処理で多値化してきたが、特にそれらの処理方法に限定されず、和信号または差信号を単独で処理してよく、また、和信号と $D_1$ または $D_2$ を演算処理したり和信号と差信号を演算処理することもできる。また、多値化に必要な複数信号レベルを得るためにスライスレベルも任意に設定できる。

【0115】ここまで、主にプリビットによるROMの場合について説明したが、例えば、図5の再生装置の記録レンズの手前に光偏向器を配置し、実施例1で述べた

ようにして記録ビームスポットを偏向すれば、偏位量を差信号で検出する多値記録型の追記または書替媒体となる記録・再生システムを構成することができる。更に、多層膜を用いた多値記録媒体においてその管理情報と番地情報等のIDとを本発明を用いて記録すると、追記部と線記録密度の等しい媒体・システムを構築できる。

#### 【0116】

【発明の効果】本発明の光記録媒体は、一つのデータビットや記録マークに3値以上の多値情報を記録することができるため、高密度記録を達成することができる。本発明の光記録媒体の記録・再生方法は、データビットや記録マークをトラックと直交する方向に偏位して記録することにより、偏位量に応じた多値記録を可能とする。本発明の記録・再生方法を、従来のマークエッジ記録方式やマークポジション記録方式と組み合わせることにより一層記録密度を向上することができ、2種類のデータを同時に記録することもできる。さらに、パーシャルレスポンス方式やトレリス符号化変調方式を用いて記録信号を変調して記録し、ピタビ復号方式により復号することによりエラーの少ない信号再生が可能となる。また、予めスライスレベル設定用のテスト信号や検出基準タイミング発生用のテスト信号をデータ記録単位の先頭部分等に記録しておくことにより、良好なS/Nを維持することができる。本発明の光記録媒体用の記録装置及び記録再生装置は、多値記録用の光記録媒体を効率良くかつ正確に記録及び再生することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光記録媒体の記録を行うための原盤記録装置の概略構成図である。

【図2】図1の原盤記録装置に用いられる音響光学(AO)偏向器の構成及び光ビームの偏向方向を示す図である。

【図3】図1の原盤記録装置に用いられる電気光学(EO)偏向器の構成及び光ビームの偏向方向を示す図である。

【図4】AO偏向器及びEO偏向器におけるそれぞれ周波数-偏位置(図4(a))及び印加電圧-偏位値(図4(b))との関係を示すグラフである。

【図5】本発明の光記録媒体の再生方法に用いる再生装置(図5(a))及び2分割検出器(図5(b))の構成を示す概略図である。

【図6】実施例1-1で製造された光ディスクのトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットとの配置並びに偏位量に対する和信号及び差信号の変化を示す図である。

【図7】実施例1-1で得られた光ディスクのビットパターン及び2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図8】実施例1-1で得られた光ディスクのビットパターン及び2分割検出器からの和信号及び $D_1$ 、 $D_2$ 単

独信号並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図9】実施例1-1で原盤にデータ信号を記録するときのフォーマット内の信号処理とデータ信号の流れを示すブロック図である。

【図10】記録信号をPR(1,1)方式により変調するための符号器(図10(a))及び符号器による変調操作(図10(b))を説明する図である。

【図11】実施例1-2で得られた光ディスクに入力された信号の変調操作、光ディスク上のビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図12】実施例1-2で得られた光ディスクを再生するための再生装置における再生操作を示すブロック図である。

【図13】実施例2-1で製造された光ディスクのトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットとの配置並びに偏位量に対する和信号及び差信号の変化を示す図である。

【図14】実施例2-1で得られた光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図15】実施例2-2で得られた光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図16】実施例3-1で製造された光ディスクのトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットの配置並びに偏位量に対する和信号及び差信号の変化を示す図である。

【図17】実施例3-1で製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図18】実施例3-1においてデータ記録の際に用いた4値信号の遷移規則を示す図である。

【図19】図18の遷移規則を実行するための符号化器の回路を示す図である。

【図20】実施例3-2においてトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットの配置及び偏位量に対する和信号及び差信号の変化を示す図である。

【図21】実施例3-2で製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図22】実施例3-3で製造された光ディスクのトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットの配置並びに偏位量に対する和信号及び差信号の変化を示す図である。

【図23】記録信号をPR(1,2,1)方式により変調するための符号器(図23(a))及び符号器による変調操作(図23(b))を説明する図である。

【図24】実施例3-3で製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力



並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図25】実施例3-3で製造された光ディスクの再生装置における多値情報の再生操作を説明するブロック図である。

【図26】実施例3-4で製造された光ディスクのトラック表面上での再生光スポットと偏位したプリビットの配置並びに偏位量に対する和信号及び差信号出力の変化を示す図である。

【図27】実施例3-4で製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図28】実施例3-4の変形例においてデータ記録の際に用いた8値信号の遷移規則を示す図である。

【図29】図28の遷移規則を実行するための符号化器の回路を示す図である。

【図30】実施例3-4の変形例において、2値データを4値化するための変調操作を示す図である。

【図31】実施例3-5で製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図32】実施例4において、データ記録のための変調及び偏向信号、製造された光ディスクのビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図33】実施例5-1で製造した光磁気ディスクの断面構造を示す図である。

【図34】実施例5-1で製造した光磁気ディスクに多値情報を記録するための記録装置の構成を示す概略図である。

【図35】実施例5-1で製造した光磁気ディスクを再生するための再生装置の構成を示す概略図である。

【図36】実施例5-1で製造した光磁気ディスクに記録されたビット及び記録磁区パターン並びに、プリビットエリア及び記録磁区エリアから2分割検出器により検出された信号波形を示す図である。

【図37】実施例5-1において、LDの記録パルス、製造した光磁気ディスクにおけるプリビット及び記録磁区のパターン、2分割検出器により検出された信号波形並びに検出信号から4値信号を再生するための演算方法を示す図である。

【図38】実施例5-2で製造した2種類の相変化型光ディスクの断面構造を示す図である。

【図39】実施例5-2で製造した相変化型光ディスクを記録するための、独立に変調可能な3ヘッド型レーザー光源を有する記録装置の構成を示す図である。

【図40】実施例5-2におけるLD発光信号、得られた光ディスク上のビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図41】実施例5-2の変形例におけるLD発光信

号、得られた光ディスク上のビットパターン、2分割検出器からの和信号及び差信号出力並びにそれらの演算処理方法を示す図である。

【図42】実施例5-2の相変化型光ディスクの記録マークからの反射の前後における光の位相の変化を説明する図である。

【図43】実施例6-1で製造された光ディスク上のビットパターン並びに光ディスクからの和信号及び差信号出力を示す図である。

【図44】実施例6-1において時間位相多値信号を再生する際に用いた追従スライス信号を発生するための回路である。

【図45】実施例6-2で製造された光ディスク上のビットパターン及び2分割検出器からの和信号及び差信号出力を示す図である。

【図46】実施例7-1における変調前後のデータ信号、光ディスク上のビットパターン、2分割検出器からの和信号及びその微分信号、並びに差信号出力を示す図である。

【図47】実施例7-2における変調前後のデータ信号、光ディスク上のビットパターン、並びに2分割検出器からの和信号及び差信号出力を示す図である。

【図48】実施例8で用いた検出系及び3分割検出器の構成の概略を示す図である。

【図49】実施例8において実施例1で得られた光ディスクのビットパターン、3分割検出器の各検出部からの検出信号、並びにそれらの信号を演算処理する方法を示す図である。

【図50】CAV方式の光ディスクに設けられるテスト領域を示す図である。

【図51】ZCAV方式の光ディスクに設けられるテスト領域を示す図である。

【図52】実施例9-1において記録されたスライスレベル設定用のテストビットパターン、そこから得られたテスト信号及びサンプルホールドパルスを示す図である。

【図53】図53のテスト信号から、多値情報を再生するのに必要なスライスレベルを設定するための回路を示す図である。

【図54】実施例9-1においてテスト信号が記録されたテスト領域の配置の一例を示す図である。

【図55】実施例9-2において記録された基準タイミング信号発生用のテストビットパターン、そこから得られたテスト信号及びタイミング検出信号を示す図である。

【図56】図55のテストビットから発生した基準タイミングに基づいて記録信号を再生するための回路を示す図である。

【図57】実施例9-2における基準タイミング信号発生用のテストビットパターンを用いた再生方法の原理

を、2値テスト信号及び2値記録信号を例にして説明した図である。

【図58】実施例9-2におけるテスト信号が記録されたテスト領域の配置の一例を示す図である。

【図59】実施例9-3におけるテスト信号が記録されたテスト領域の配置の一例を示す図である。

【図60】実施例10において製造された光磁気ディスクの構造を示す図である。

【図61】実施例10において製造された光磁気ディスクの第1記録膜及び第2記録膜のとり得る4種の記録状態(図61(a))及び印加外部磁界に対する上記4種の記録状態に対応する信号出力(図61(b))を示す図である。

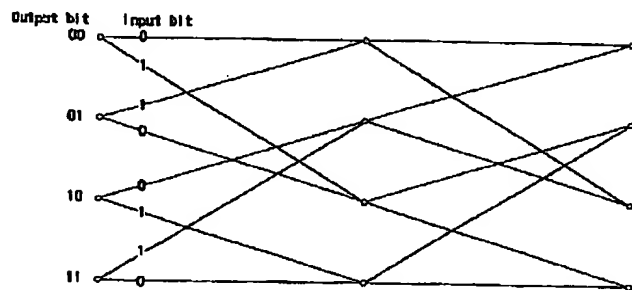
【図62】実施例10において製造された光磁気ディスクのトラック上のビット及び記録磁区パターン、2分割検出器からの出力波形を示す図である。

【図63】マルチビームレーザを備えた光ヘッドを用いた記録再生装置の概略構成を示す図である。

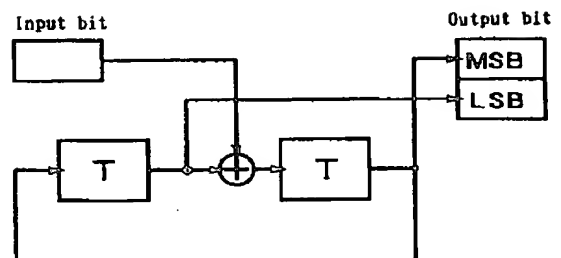
【符号の説明】

- |     |             |       |                   |
|-----|-------------|-------|-------------------|
| 1 1 | レーザ光源       | 3 1   | E O 素子            |
| 1 2 | A O 変調器     | 3 2   | E O ドライバ          |
| 1 3 | A O 偏向器     | 4 1   | サーボビット            |
| 1 4 | E O 変調器     | 4 2   | 埋め込みクロックビット       |
| 1 5 | E O 偏向器     | 4 3   | データビット            |
| 1 6 | ミラー         | 4 4   | 再生光スポット           |
| 1 7 | 偏向ビームスプリッター | 6 0   | 再生装置              |
| 1 8 | 原盤          | 6 1   | レーザダイオード          |
| 2 1 | A O 素子結晶    | 6 2   | 偏光プリズム            |
| 2 2 | 切替回路        | 6 3   | 絞り込みレンズ           |
| 2 3 | A O 偏向器ドライバ | 6 4   | 光信号検出器            |
| 2 4 | シンセサイザ      | 6 5   | 2 分割検出器 (透過側)     |
| 2 5 | フォーマッタ      | 6 6   | 1 / 2 波長板         |
| 2 6 | 超音波トランスデューサ | 6 7   | 偏向プリズム            |
| 2 7 | A O 変調器ドライバ | 6 8   | 2 分割検出器 (反射側)     |
|     |             | 6 9   | 波長分離フィルタ          |
|     |             | 7 0   | 3 分割検出器 (ボール型検出器) |
|     |             | 1 1 1 | マルチビームレーザダイオード    |
|     |             | 1 6 4 | ディスク              |
|     |             | 2 0 1 | ユーザ領域             |
|     |             | 2 0 2 | テスト領域             |
|     |             | 3 3 1 | 透明基板              |
|     |             | 3 3 3 | 第 1 エンハンス膜        |
|     |             | 3 3 4 | 垂直磁化膜 (光磁気記録膜)    |
|     |             | 3 3 5 | 第 2 エンハンス膜        |
|     |             | 3 3 6 | 反射膜               |
|     |             | 3 3 7 | 保護膜               |
|     |             | 3 4 0 | 第 1 透明誘電体膜        |
|     |             | 3 4 1 | 相変化記録膜            |
|     |             | 3 4 2 | 第 2 透明誘電体膜        |
|     |             | 3 4 3 | 反射膜               |
|     |             | 3 4 4 | 保護膜               |
|     |             | 3 4 5 | 金属干渉膜             |
|     |             | 4 0 0 | 補償ビット             |

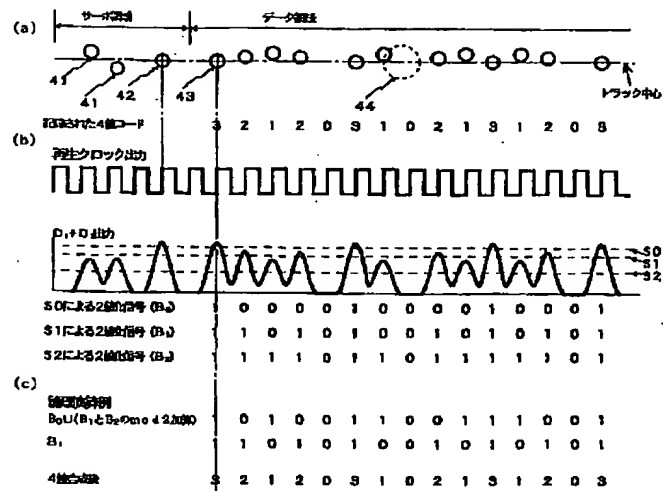
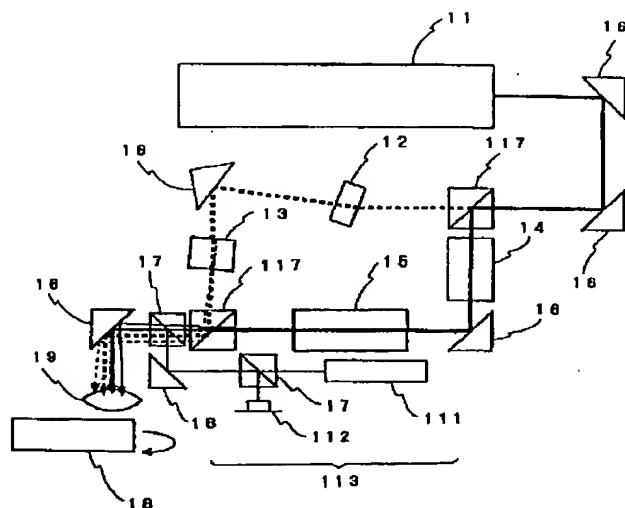
【図18】



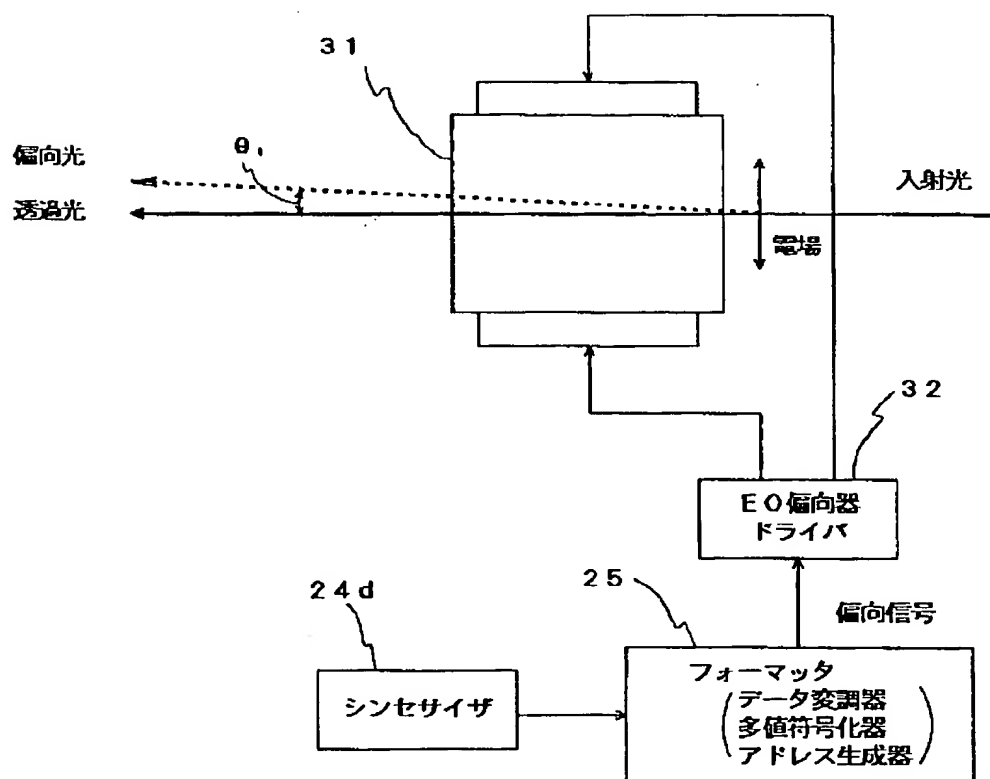
【図19】



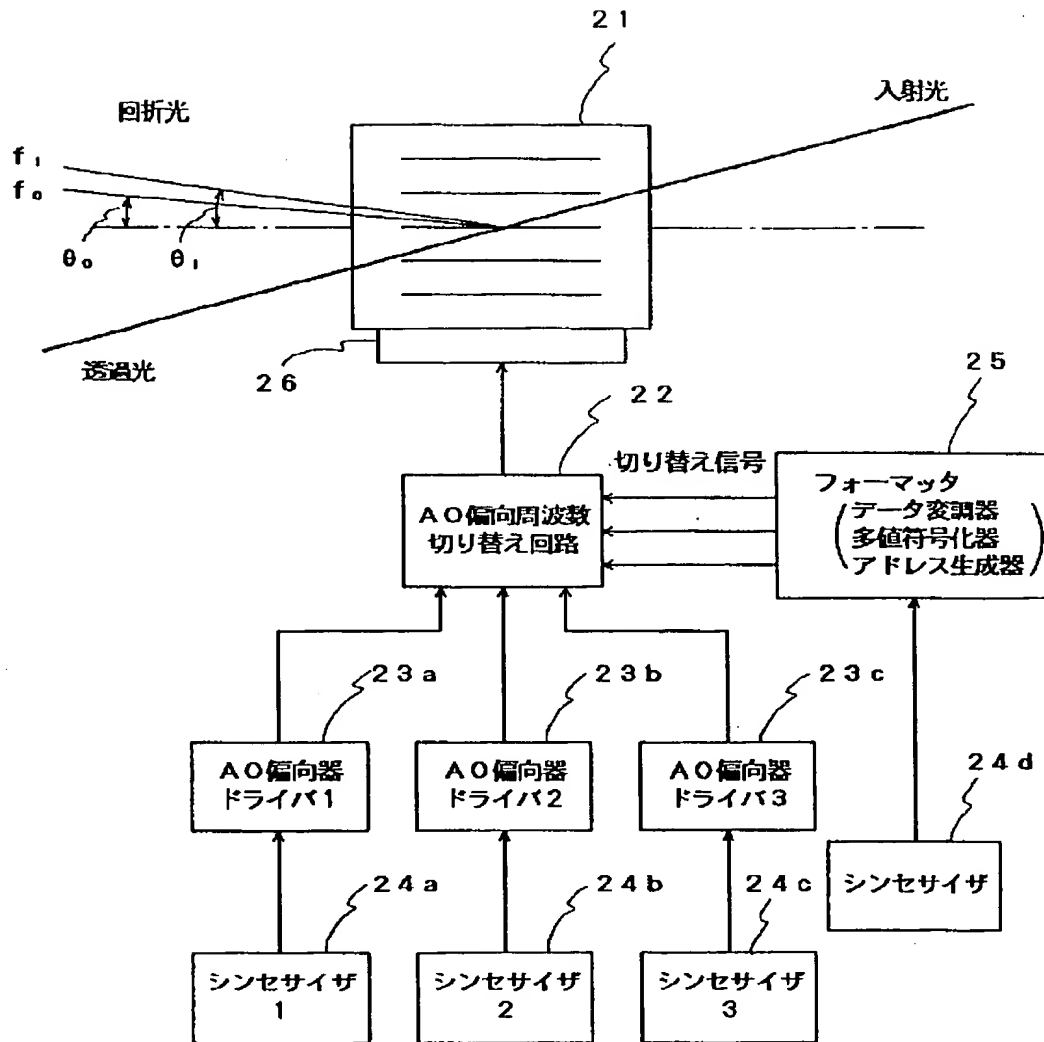
【図 14】



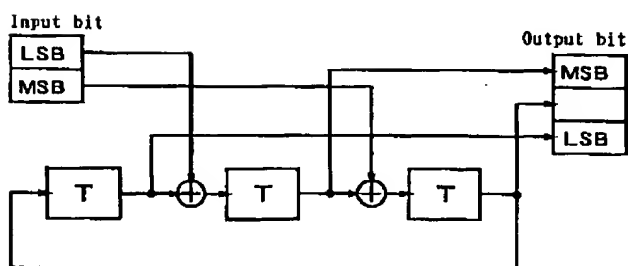
【図 3】



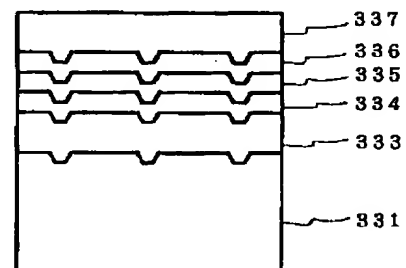
【図2】



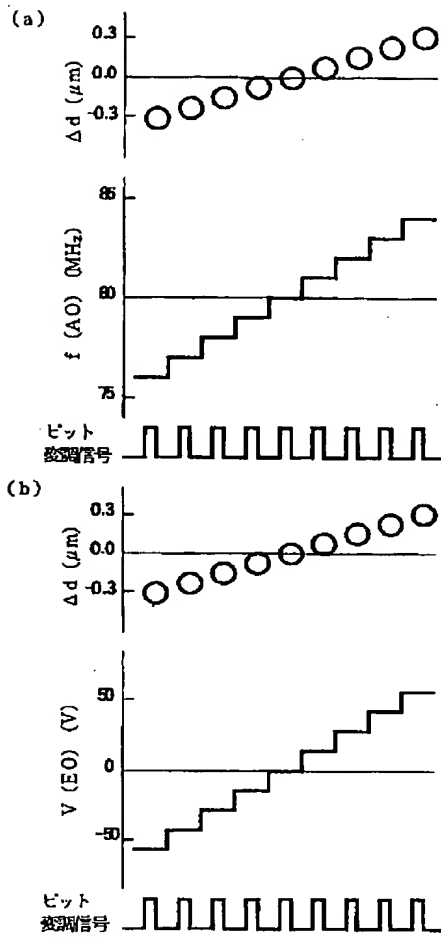
【図29】



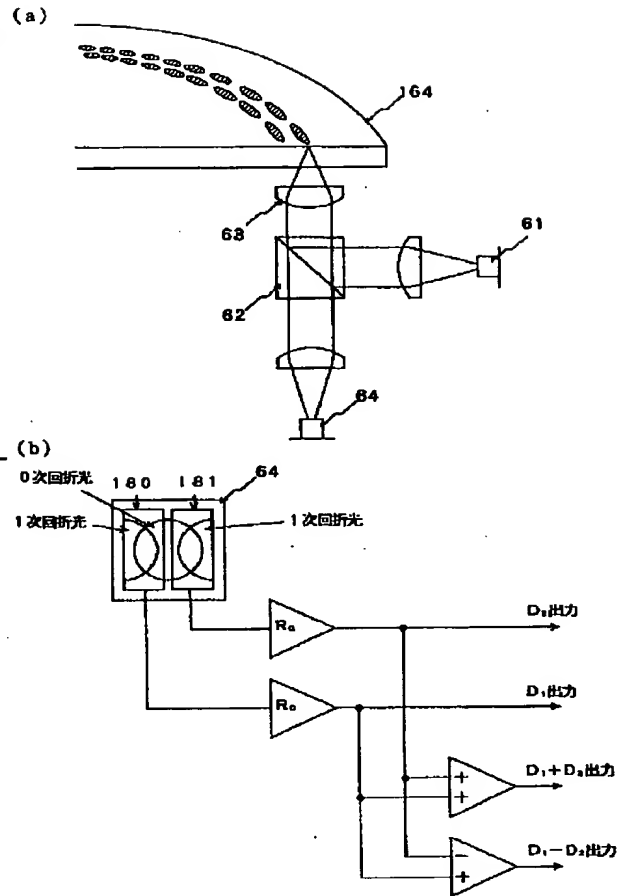
【図33】



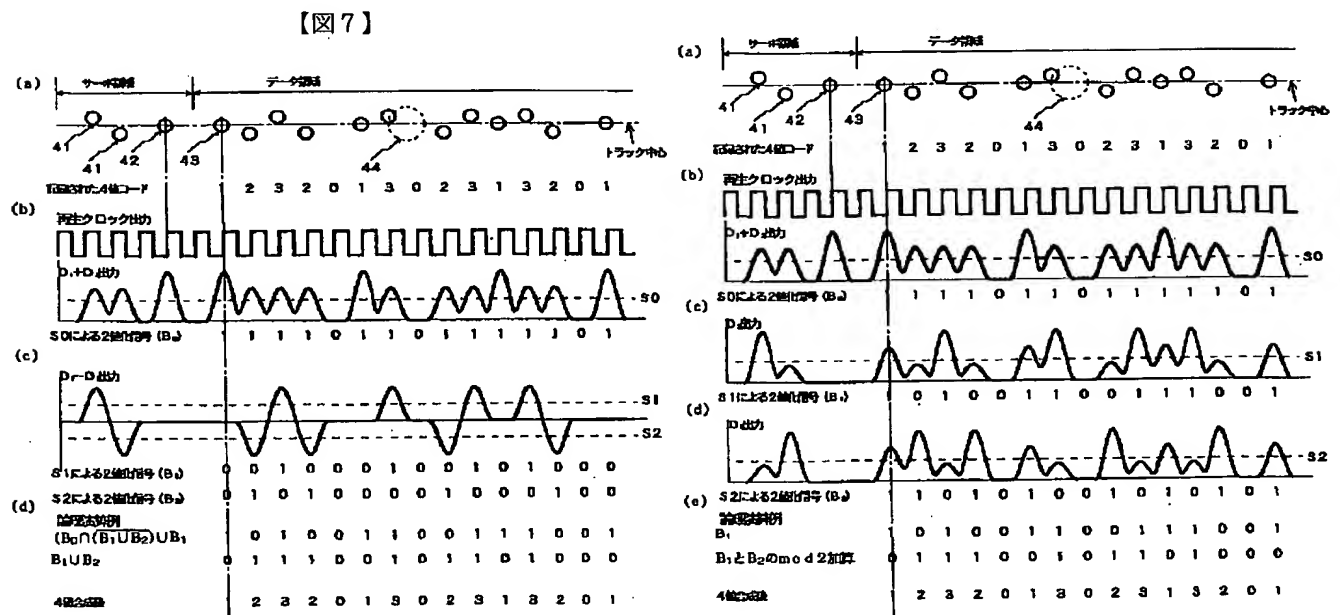
【図4】



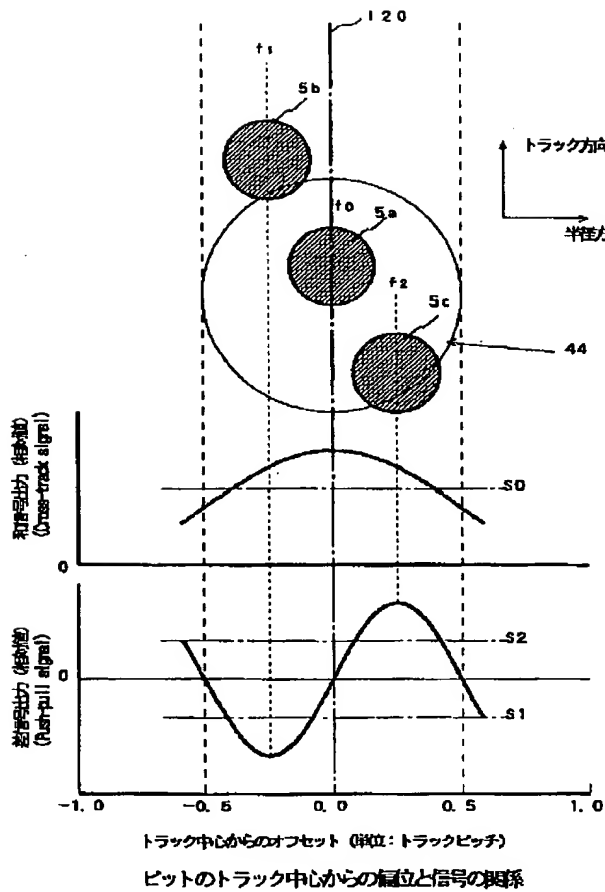
【図5】



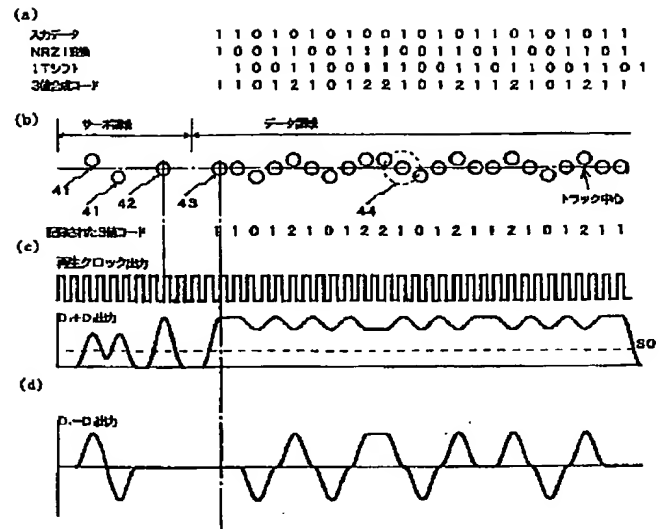
【図8】



【図6】

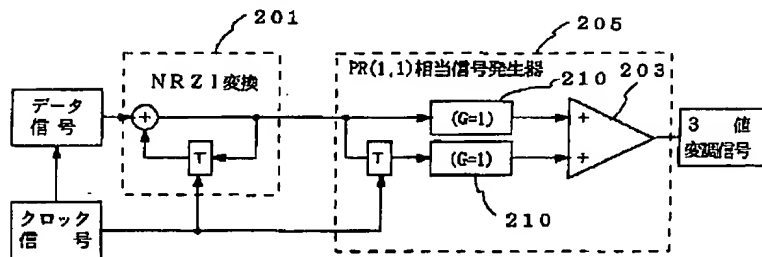


【図11】

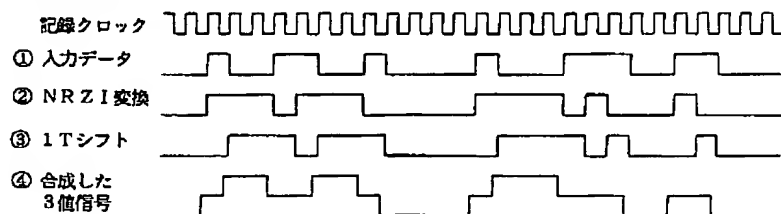


【図10】

(a) PR (1, 1) の符号器と3値生成

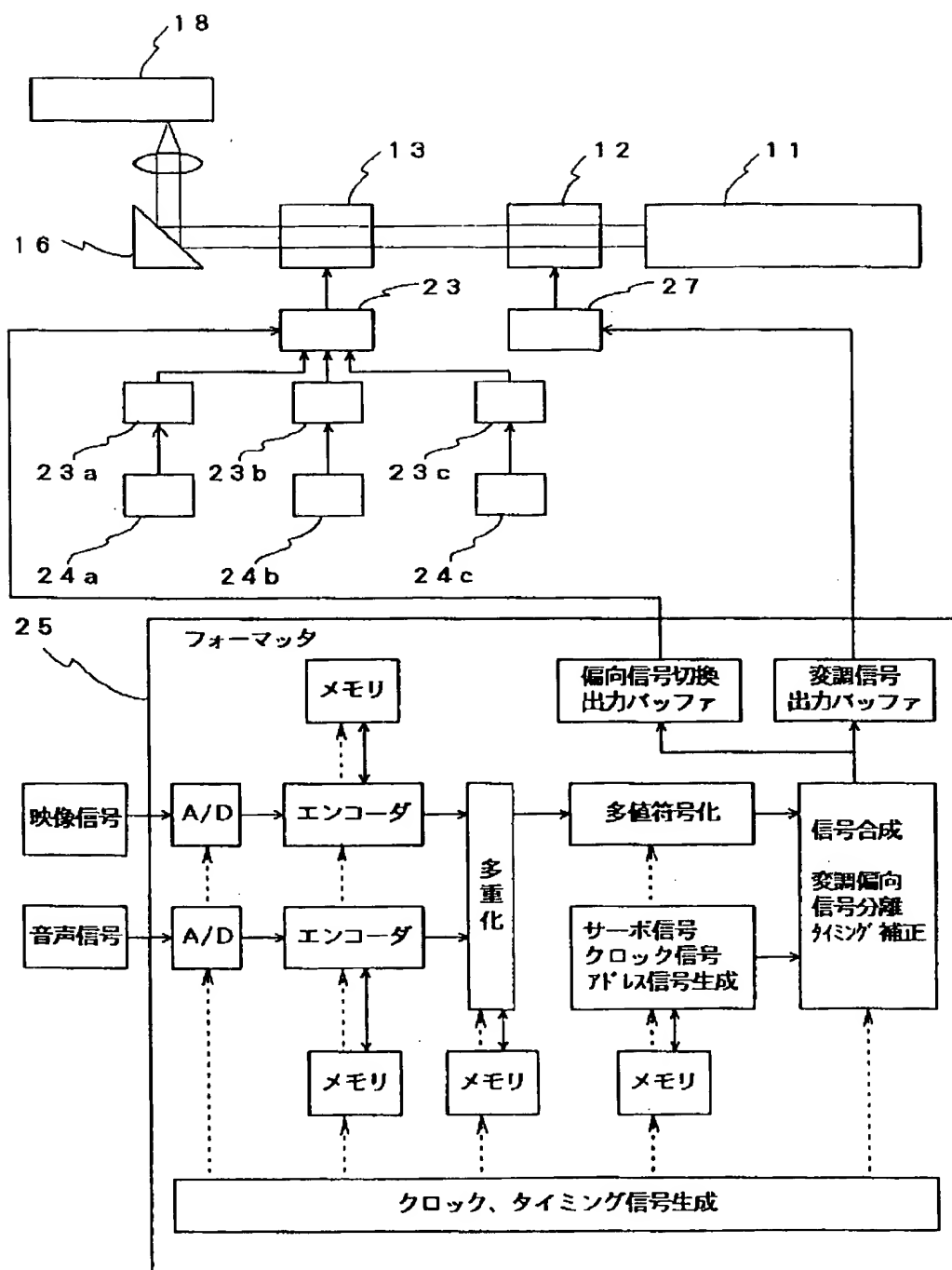


(b) 8値信号生成

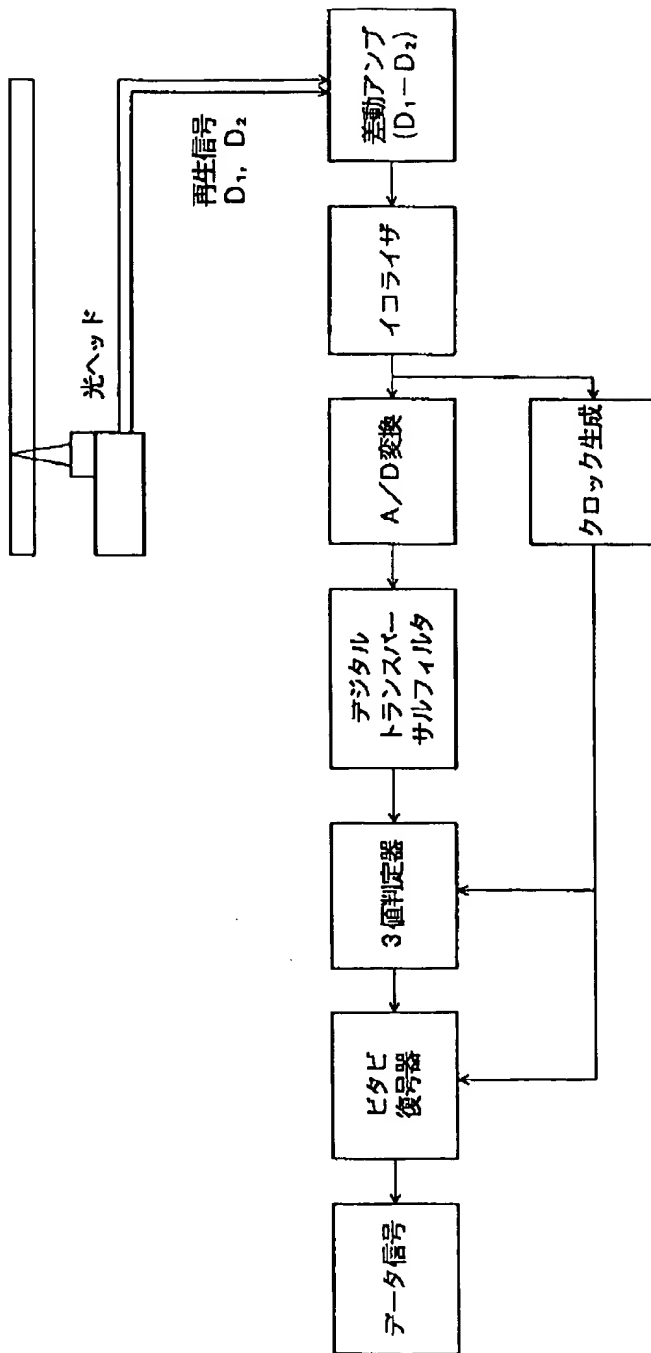




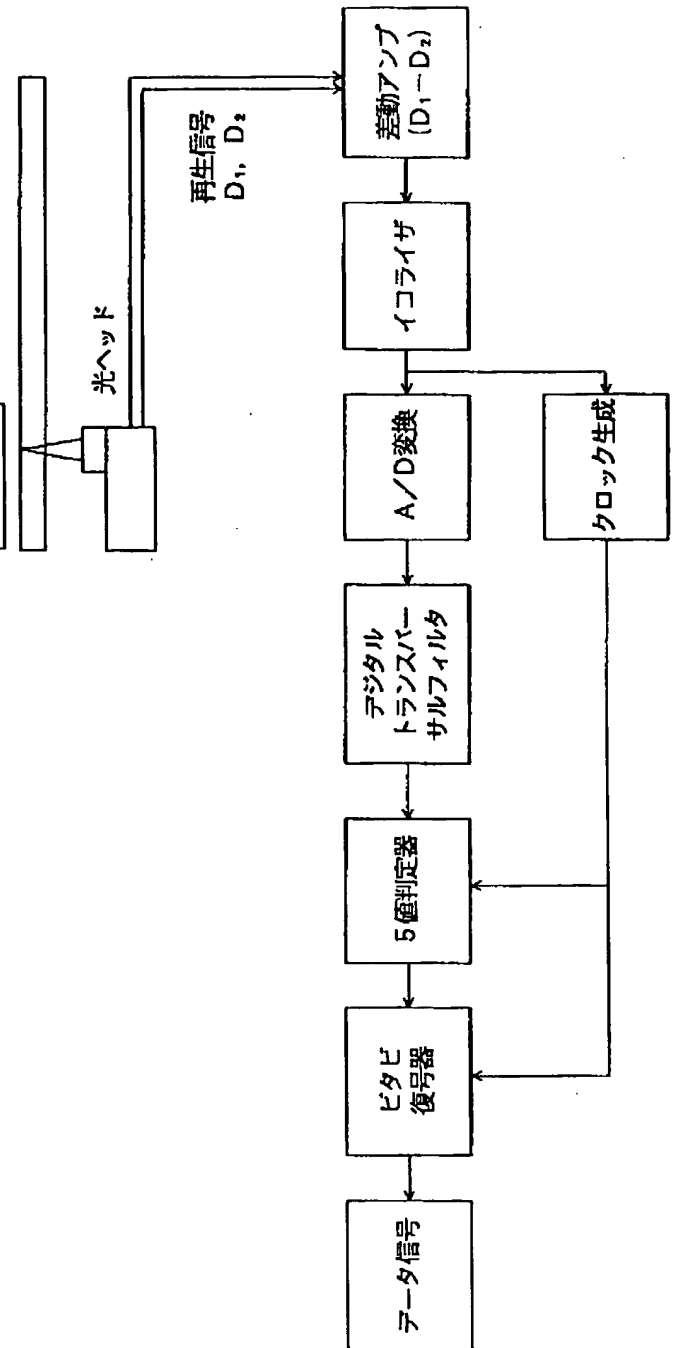
【図9】



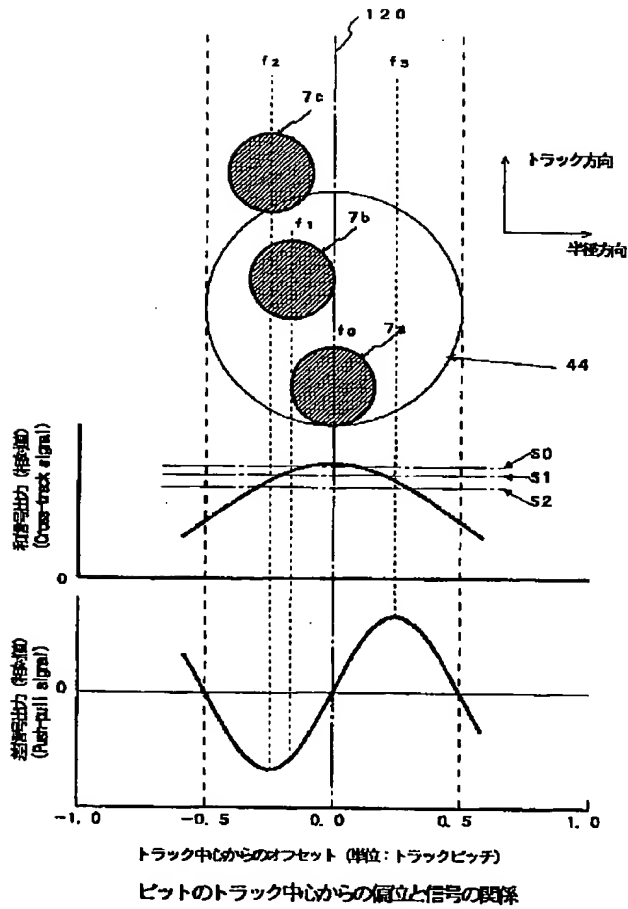
【図12】



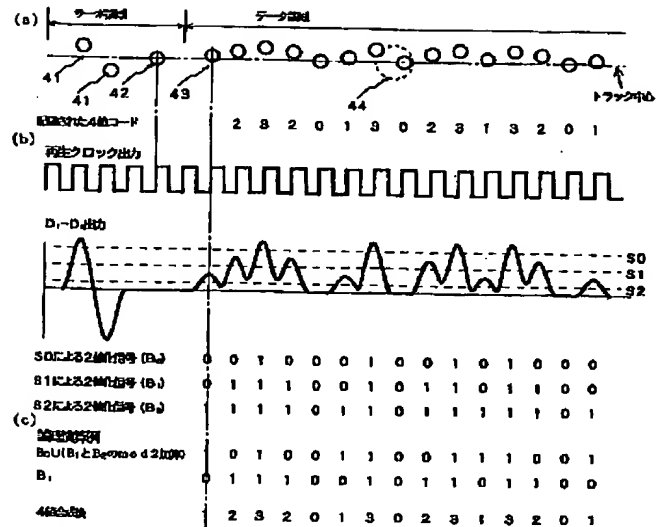
【図25】



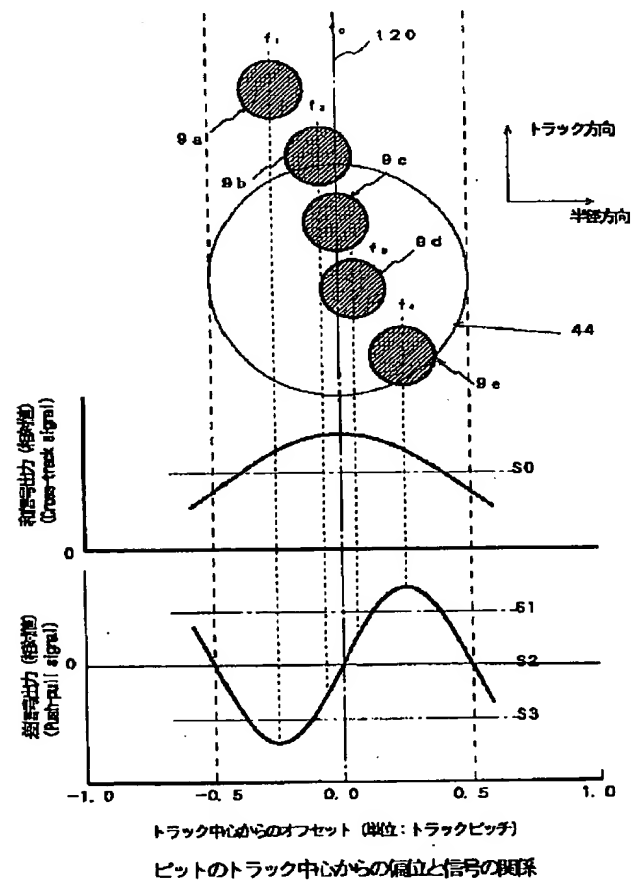
【図13】



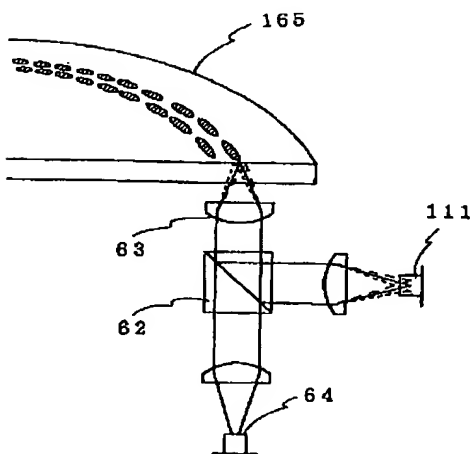
【図15】



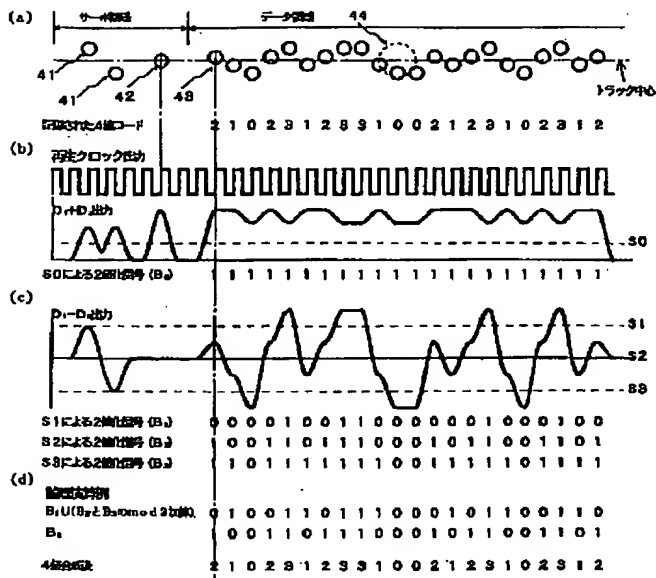
【図16】



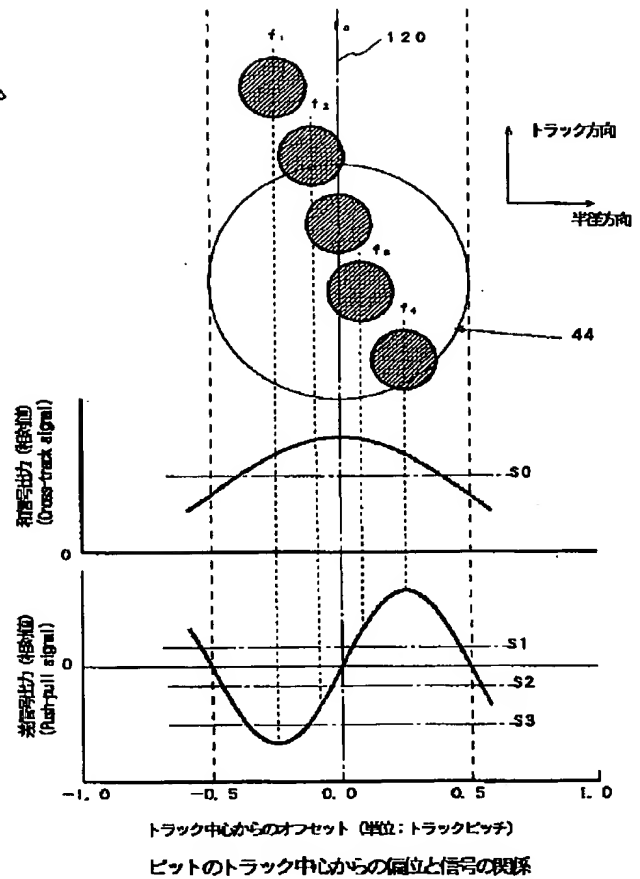
【図34】



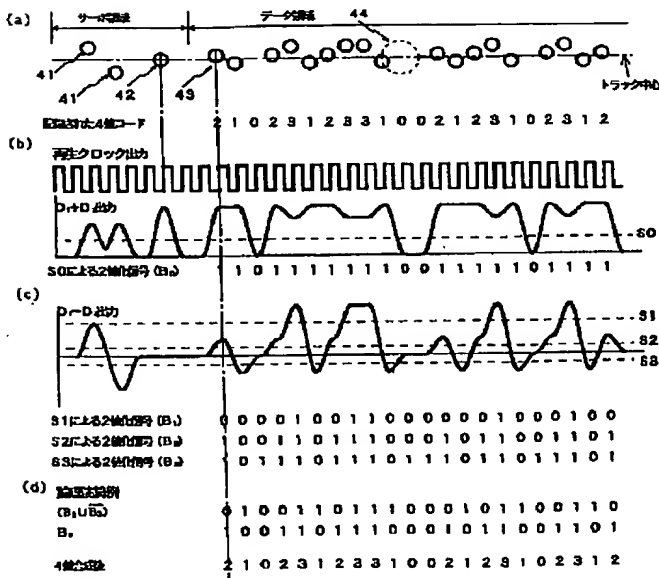
【図17】



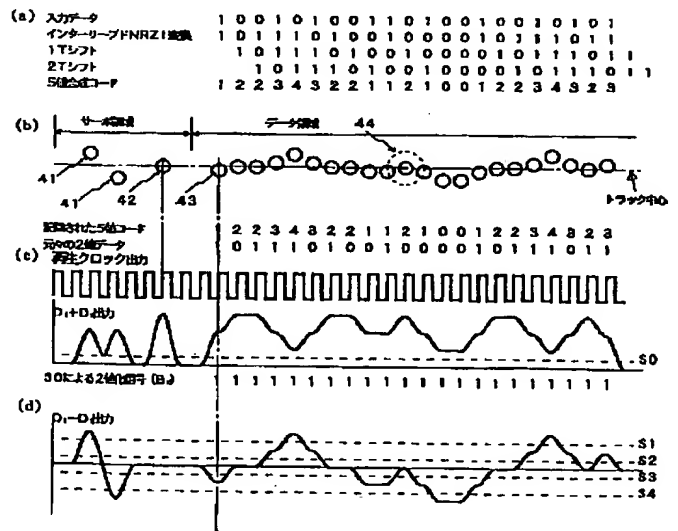
【図20】



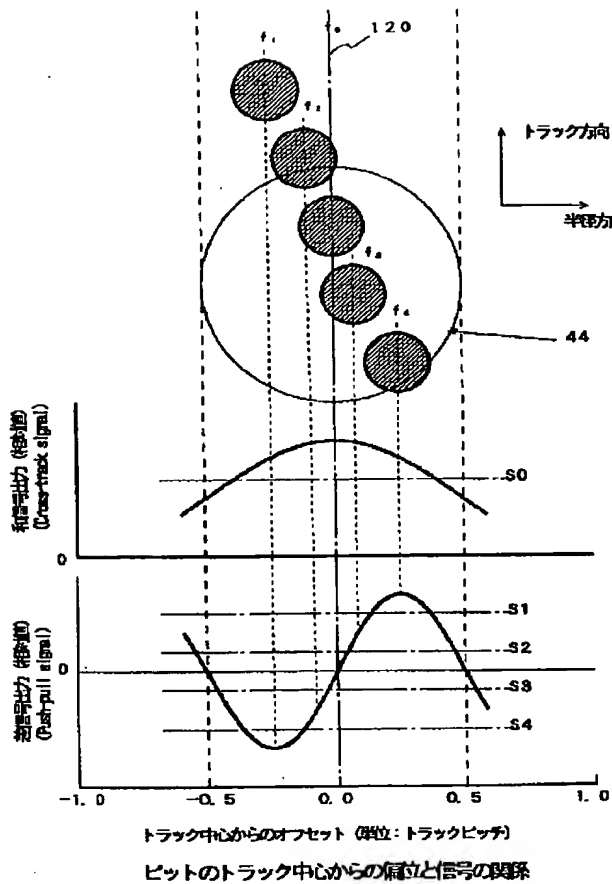
【図21】



【図24】

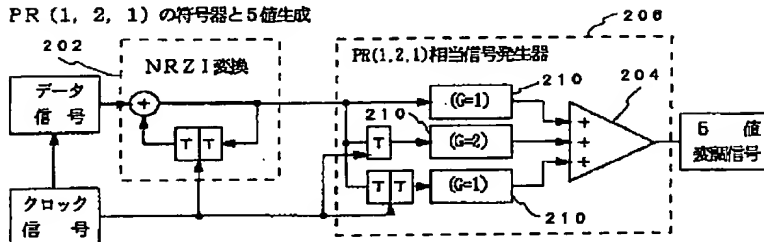


【図22】

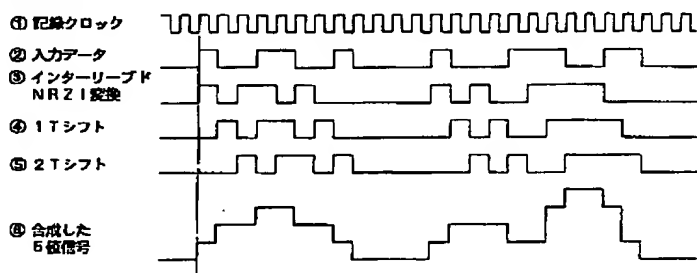


【図23】

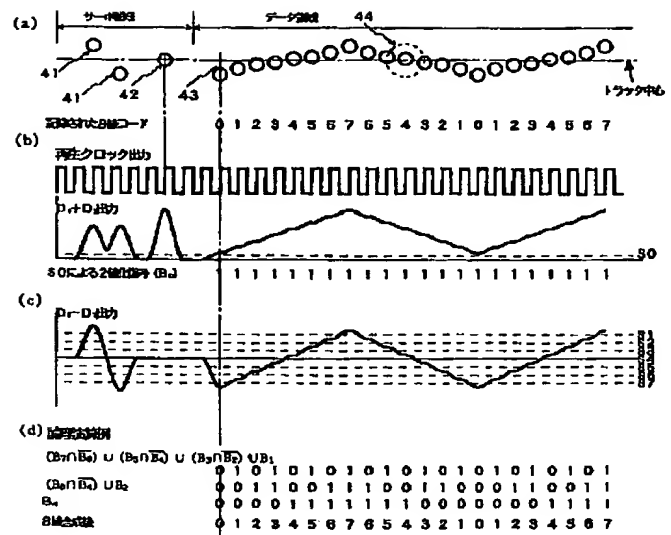
(a) PR (1, 2, 1) の符号器と5値生成



(b) 5値信号生成

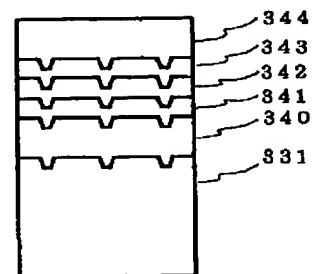


【図27】

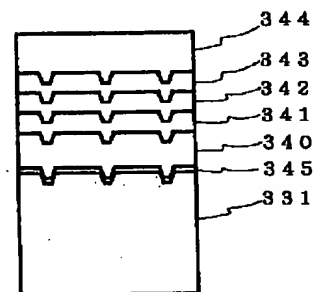


【図38】

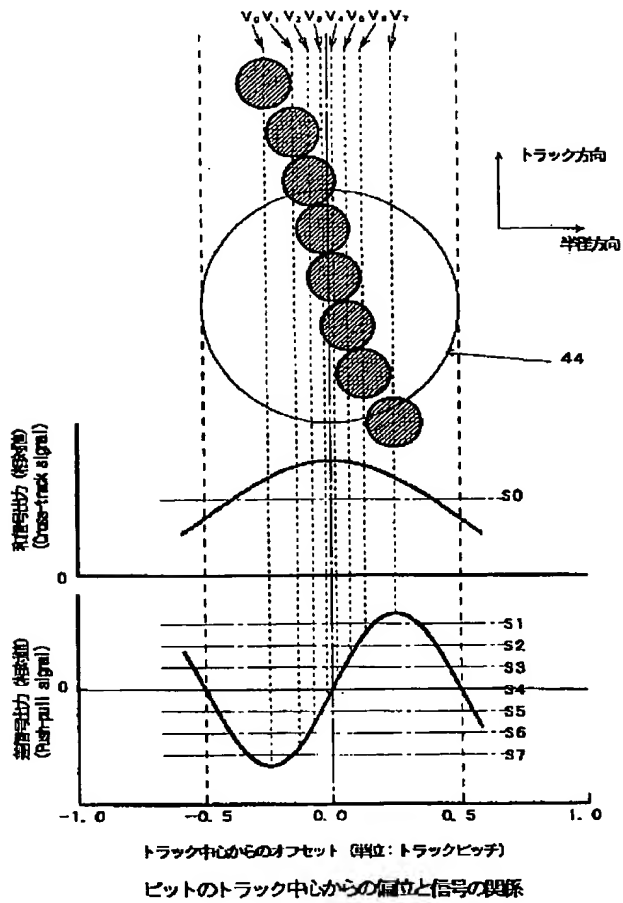
(a)



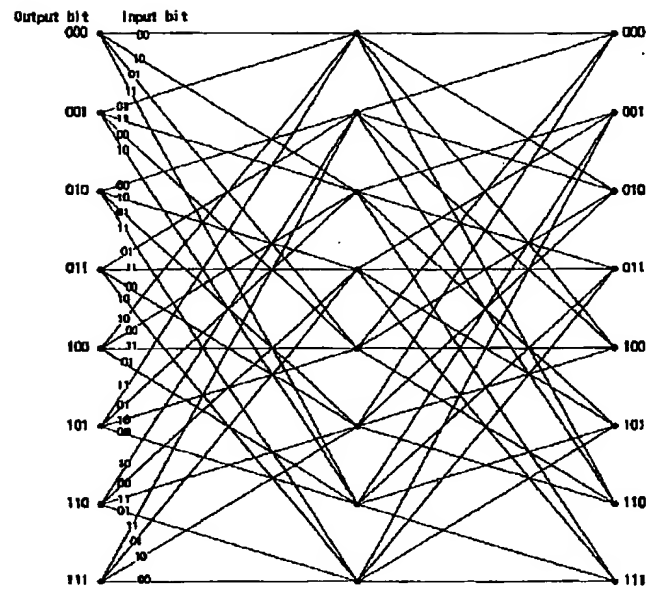
(b)



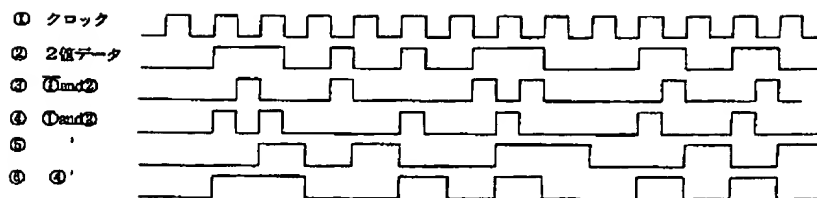
【図26】



【図28】

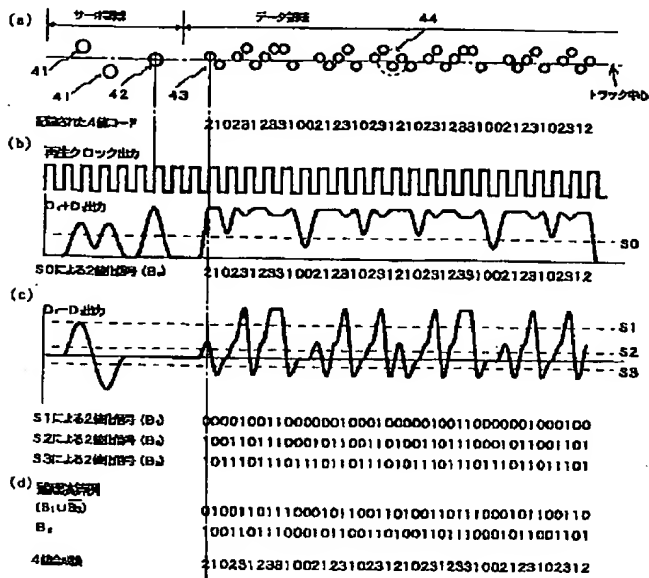


【図30】

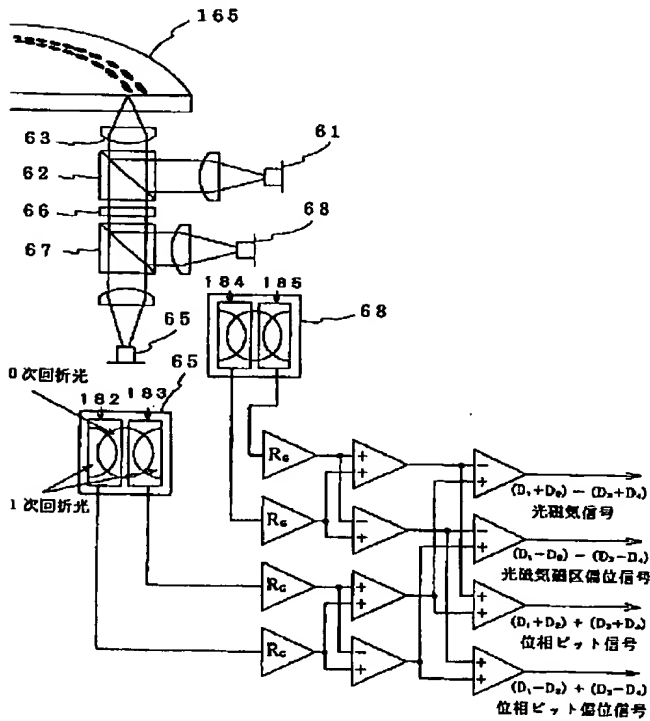




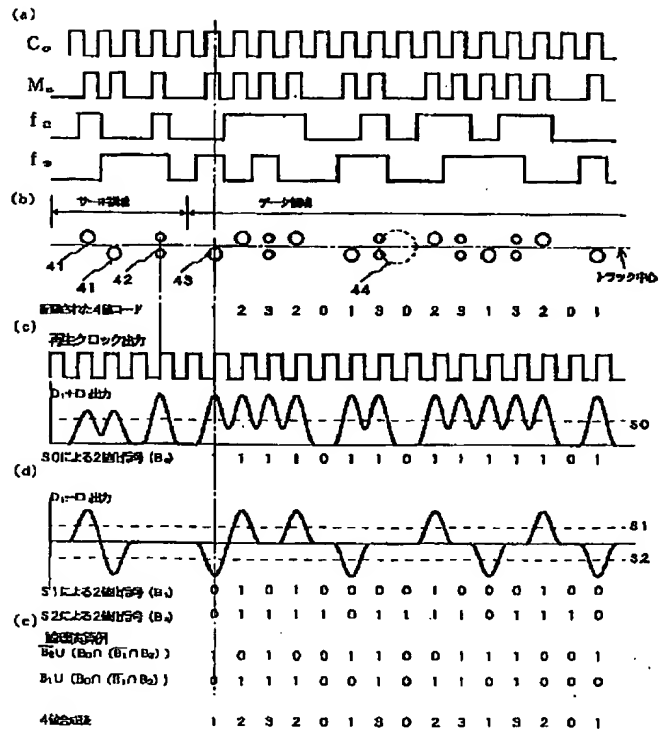
【図31】



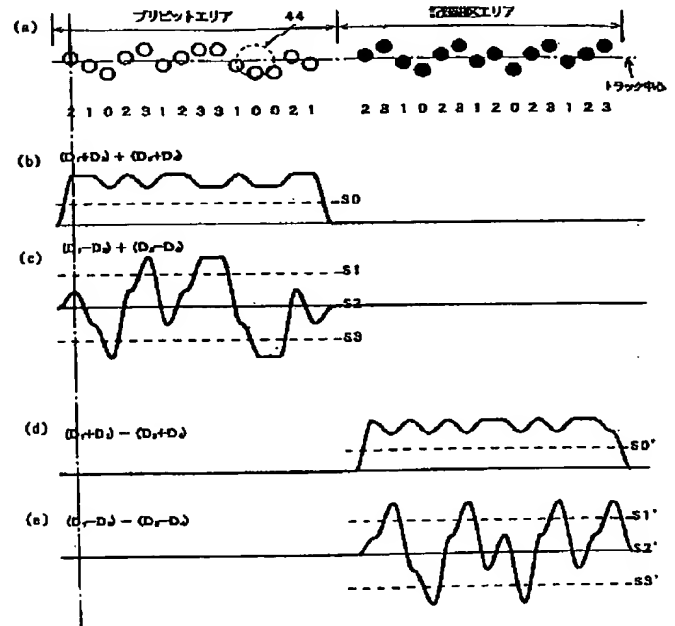
【図35】



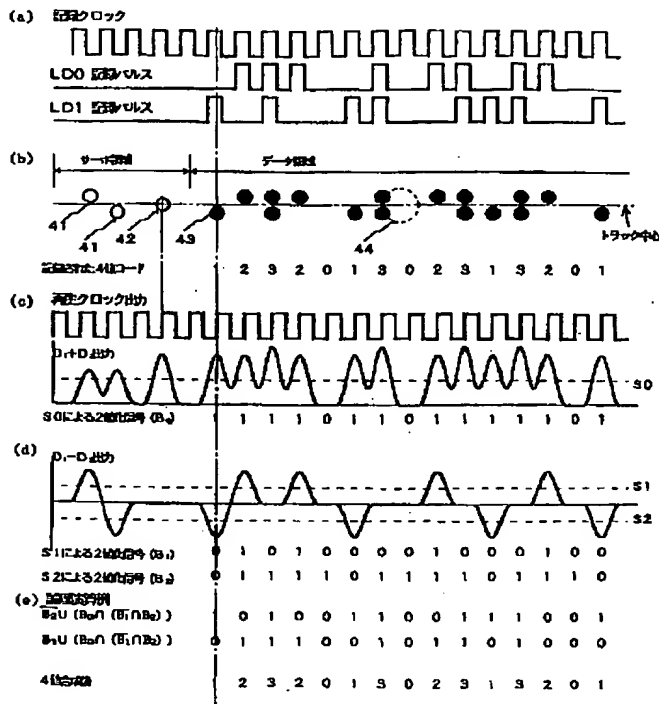
【図32】



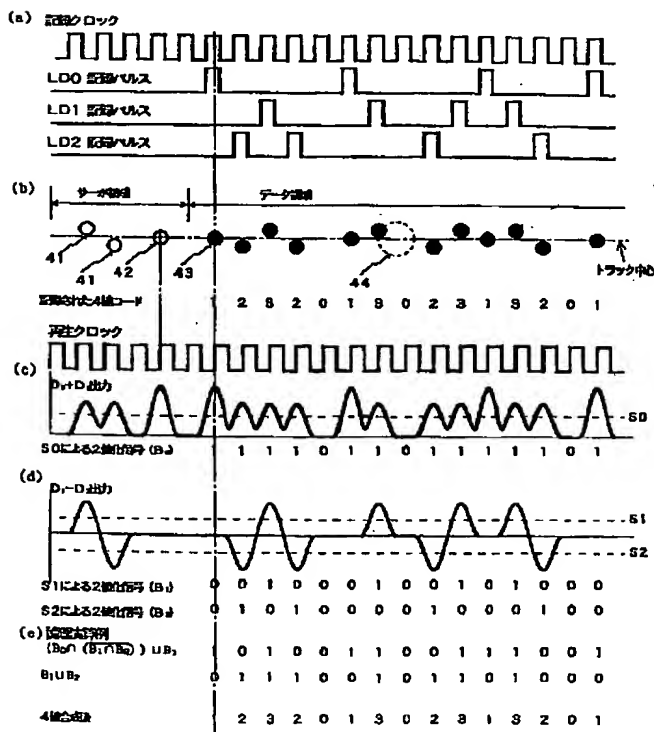
【図36】



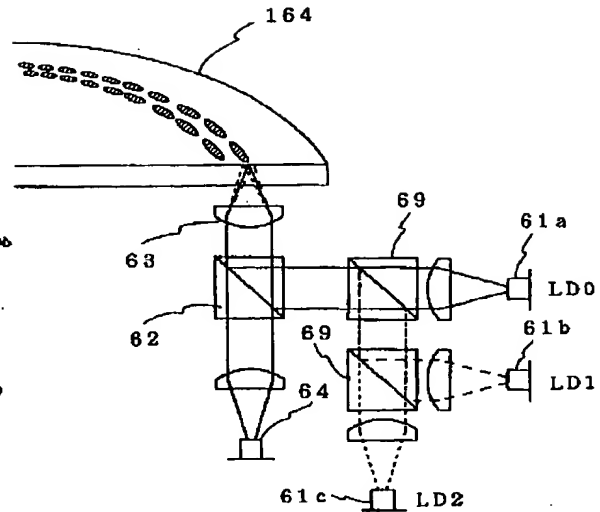
【図37】



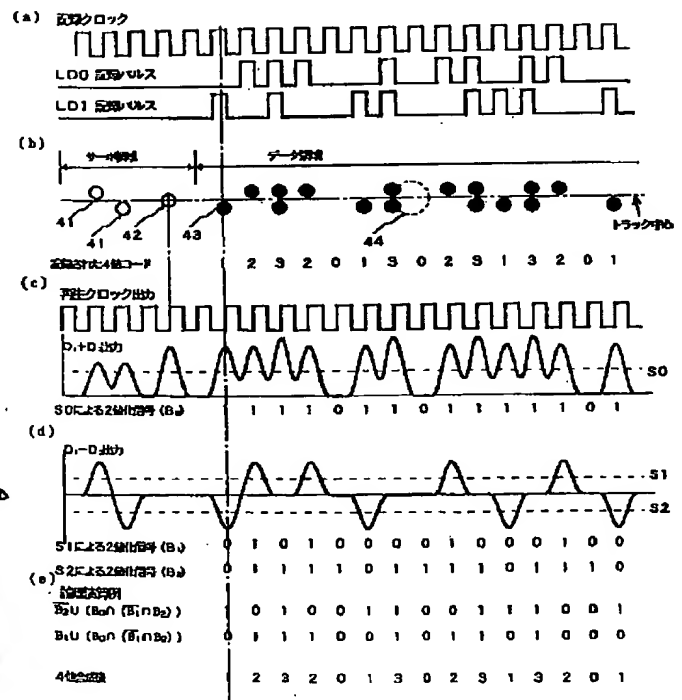
【図40】



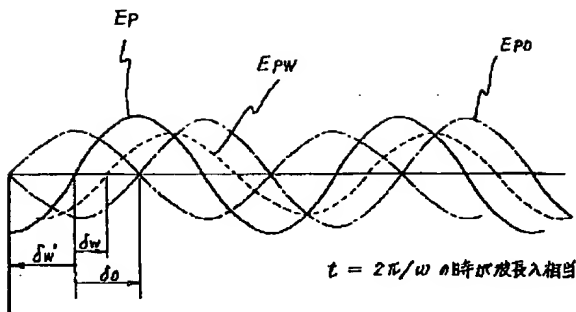
【図39】



【図41】



【図42】



$$E_o = A_o \sin(\omega t - \delta_o)$$

$$E_w = A_w \sin(\omega t - \delta_w)$$

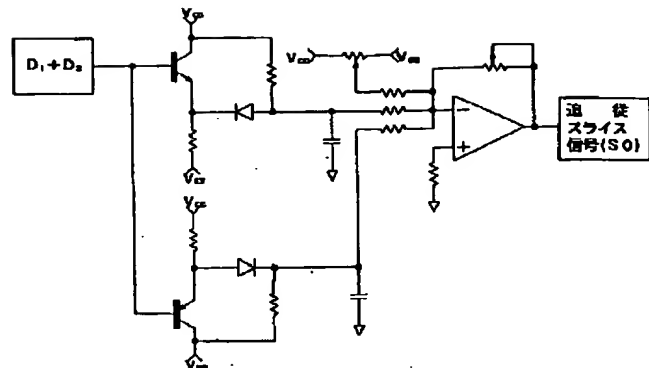
$$\begin{aligned} E_o - E_w &= A_o \sin \omega t \cdot \cos \delta_o - A_o \sin \delta_o \cdot \cos \omega t \\ &\quad - A_w \sin \omega t \cdot \cos \delta_w + A_w \sin \delta_w \cdot \cos \omega t \\ &= \sin \omega t (A_o \cos \delta_o - A_w \cos \delta_w) \\ &\quad - \cos \omega t (A_o \sin \delta_o - A_w \sin \delta_w) \end{aligned}$$

$$\delta_o = \delta_w' + (2N+1)\pi \text{ 0時}$$

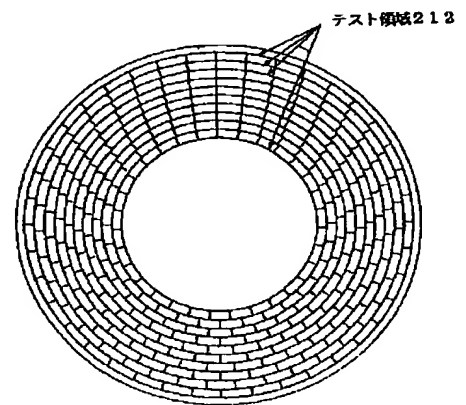
$$\begin{aligned} E_o - E_w' &= (\sin \omega t \cdot \cos \delta_o - \cos \omega t \cdot \sin \delta_o) (A_o + A_w') \\ &= (A_o + A_w') \sin(\omega t - \delta_o) \end{aligned}$$

となり、コントラストが最大となる。

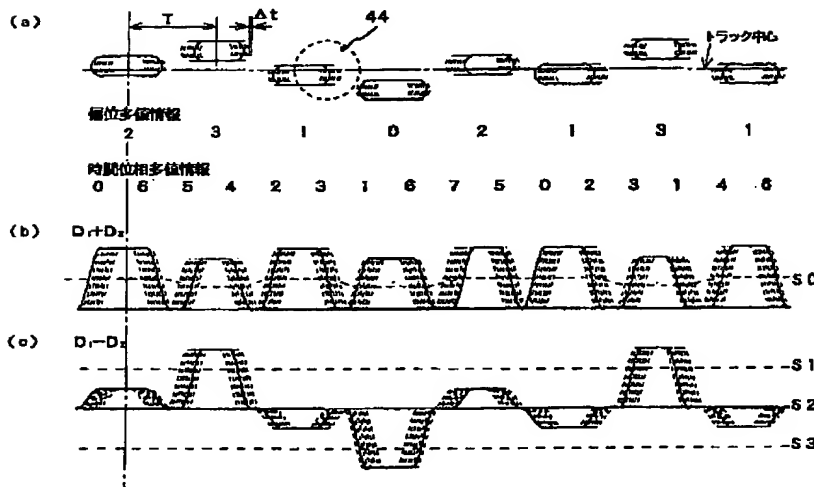
【図44】



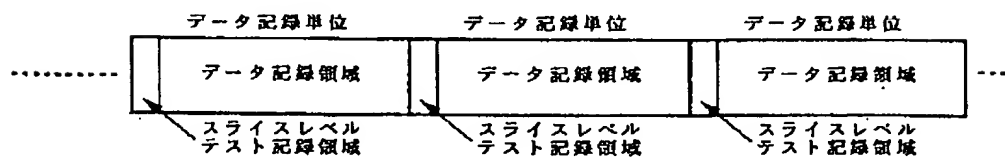
【図51】



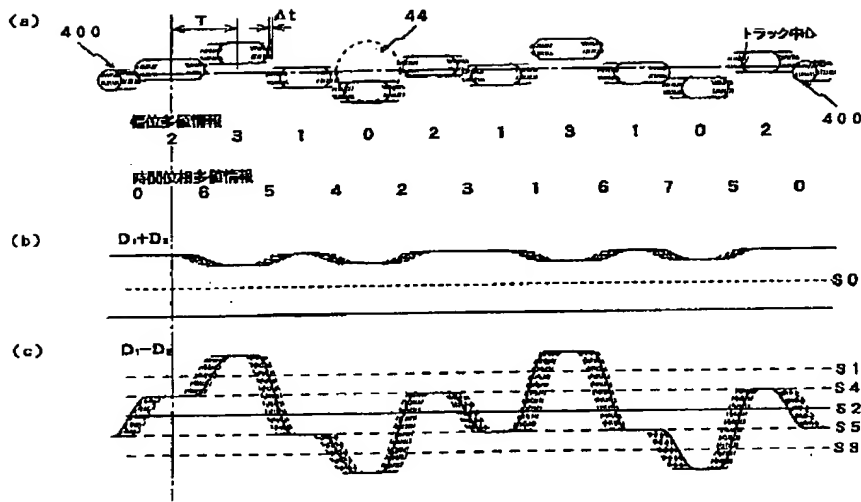
【図43】



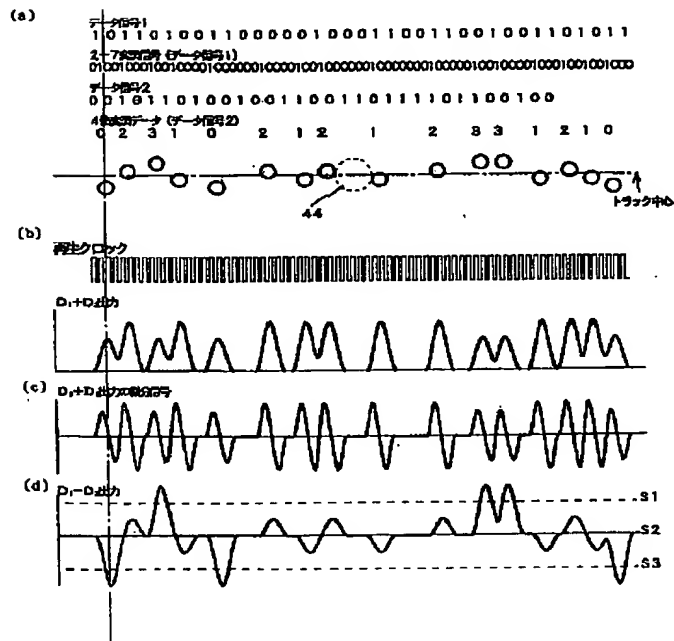
【図54】



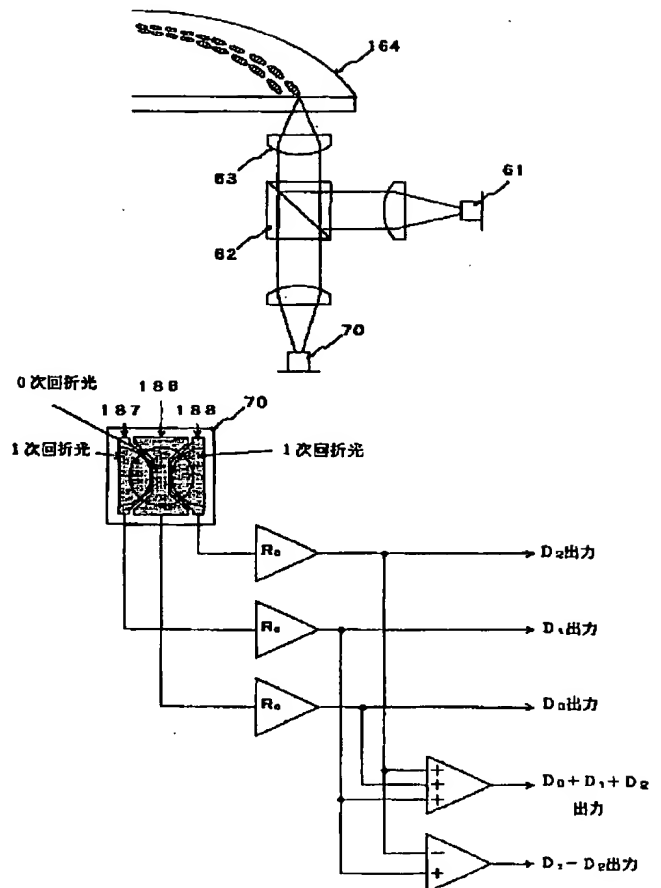
【図 45】



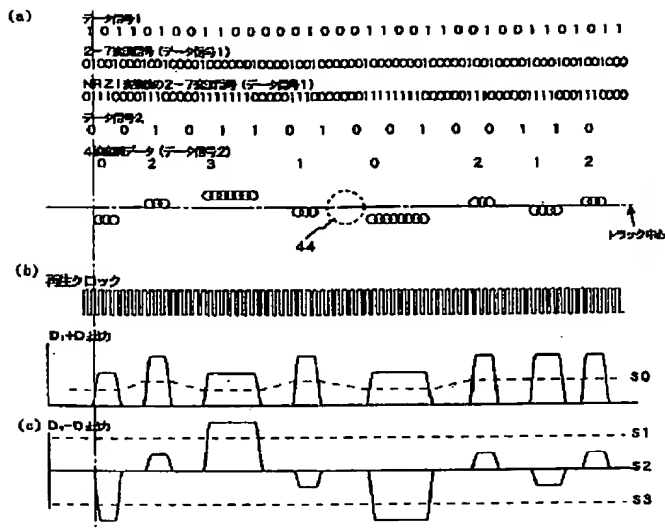
【図 4 6】



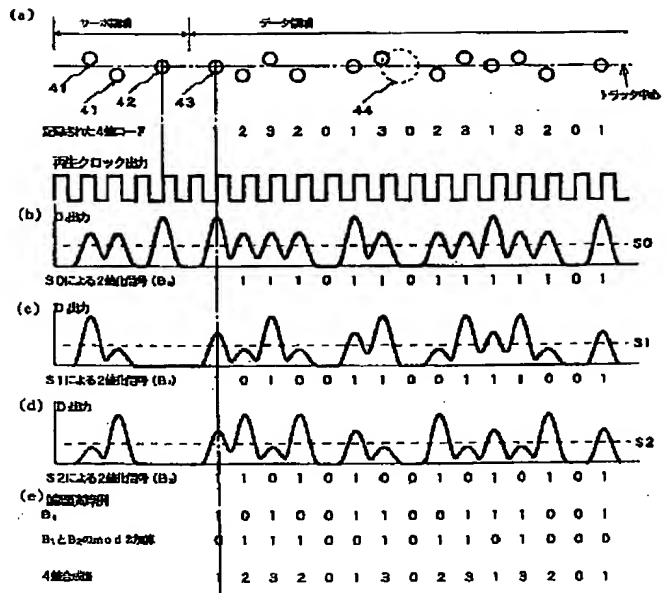
【図 48】



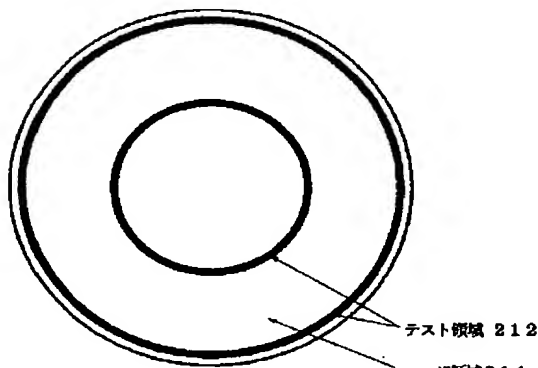
【図47】



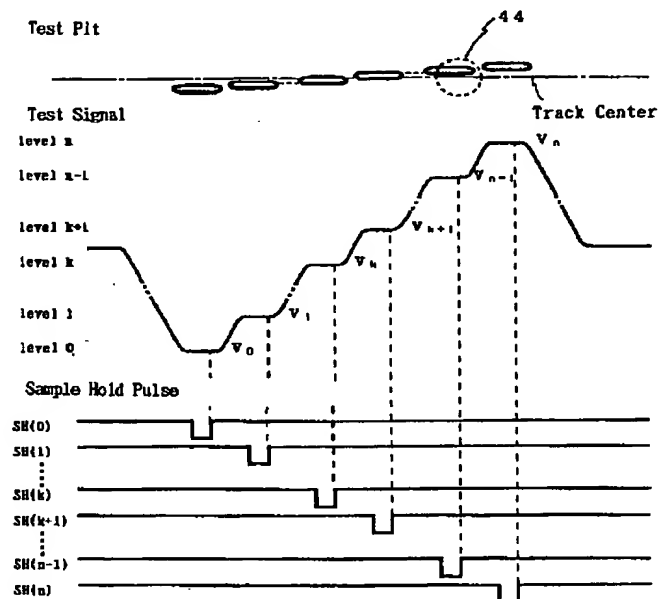
【図49】



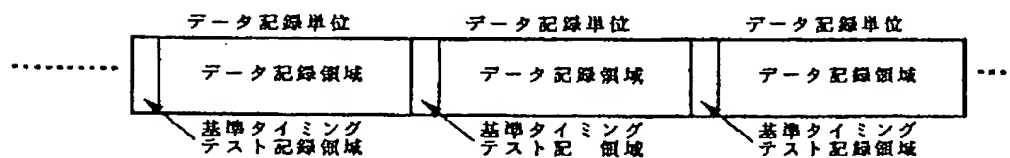
【図50】



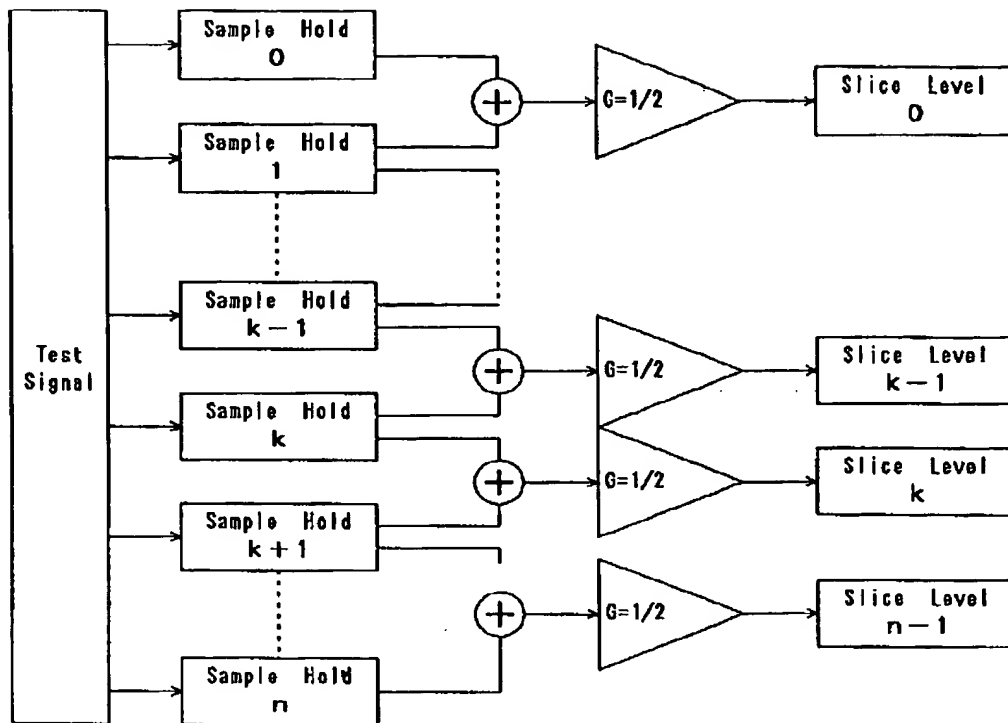
【図52】



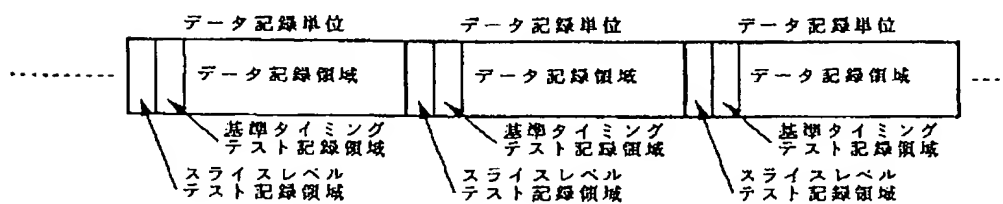
【図58】



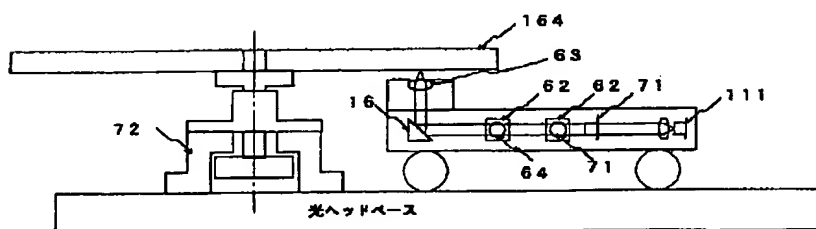
【図53】



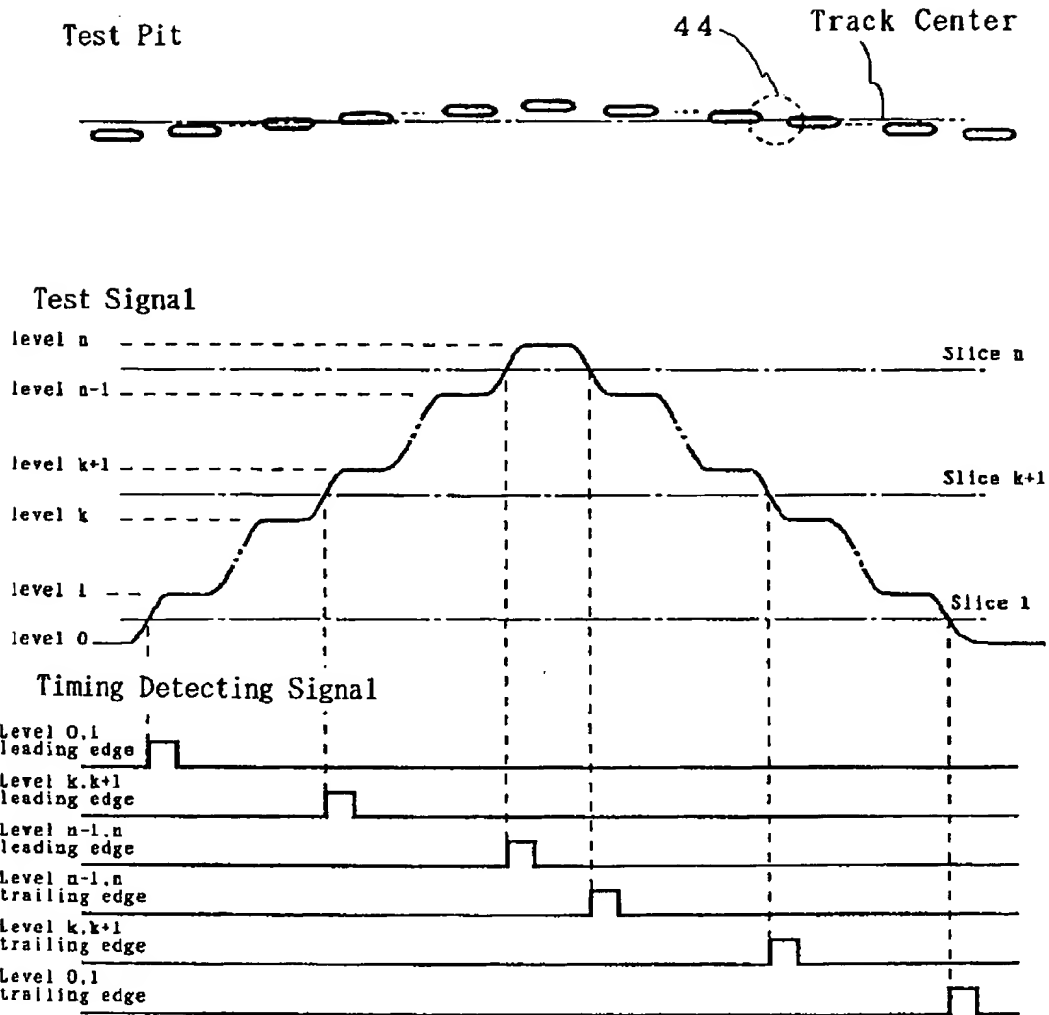
【図59】



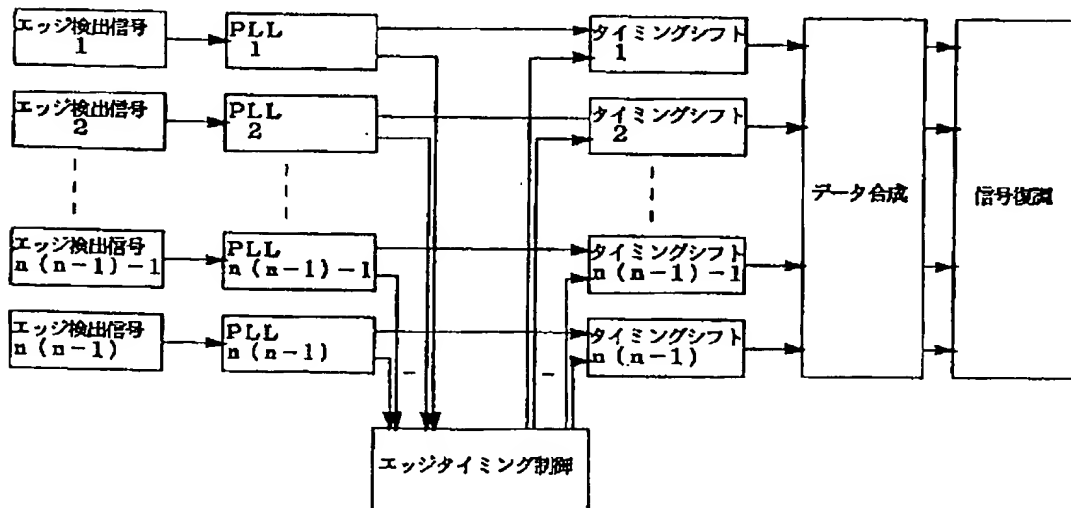
【図63】



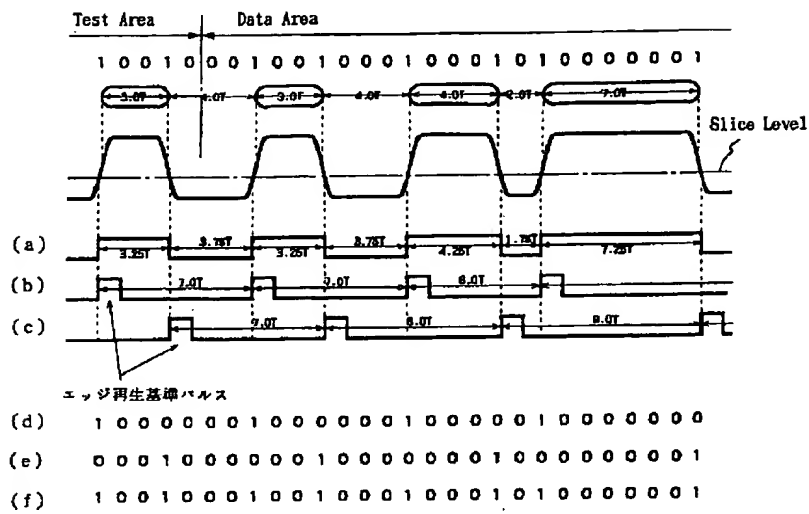
【図55】



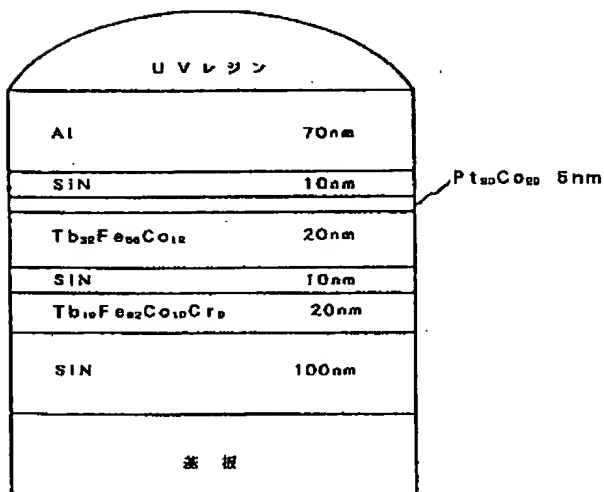
【図56】



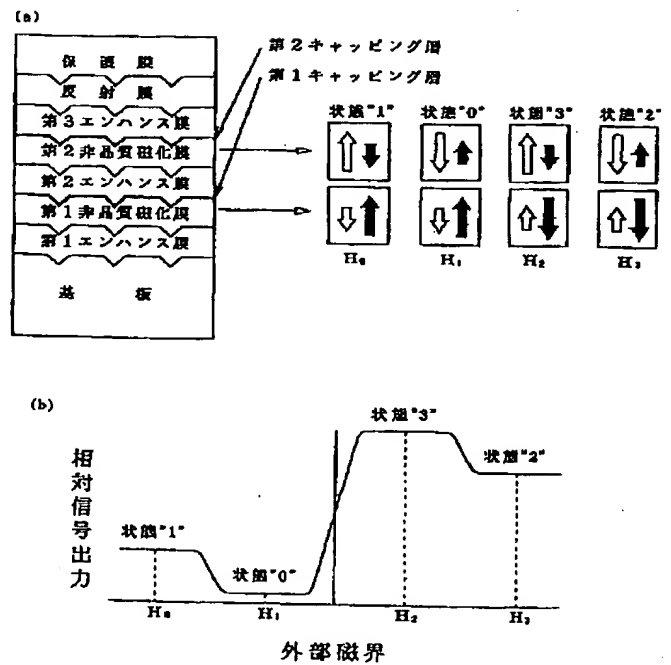
【図57】



【図60】

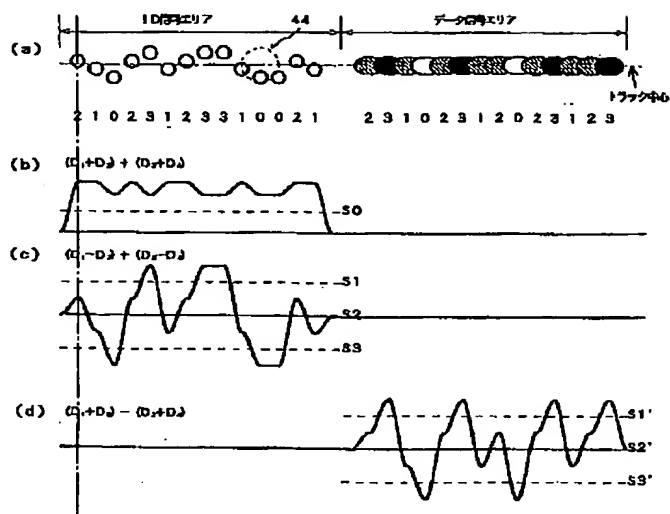


【図61】





【図62】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 11/10

識別記号

5 8 6

庁内整理番号

9296-5D

F I

G 1 1 B 11/10

技術表示箇所

5 8 6 C

(72)発明者 田村 礼仁

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72)発明者 渡辺 均

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72)発明者 今井 奨

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内